

UNIVERSIDAD DE CUENCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



MAESTRÍA EN GEOMÁTICA

**REALIDAD AUMENTADA EN DISPOSITIVOS MÓVILES “ANDROID”  
APLICADA A LA GEOLOCALIZACIÓN DE EQUIPAMIENTOS DE AGUA  
POTABLE DE EMAPAL - EP.**

Tesis previa a la obtención del título de  
Master en Geomática

**AUTOR:**

Ing. Andrés Sebastián Quevedo Sacoto.

**DIRECTOR:**

Ing. Ángel Oswaldo Espinoza Veintimilla

Cuenca - Ecuador  
JULIO 2015



## Resumen

En el presente trabajo se observa los procesos y actividades realizadas para la construcción de un prototipo de software en dispositivos móviles Android, que integra la realidad aumentada (RA), geolocalización y enrutamiento. El prototipo, está diseñado para localizar los accesorios que operan en la red de distribución de la empresa pública de agua potable; y, alcantarillado de Azogues EMAPAL-EP.

Se documenta seis capítulos de los cuales, el primero contiene la definición del proyecto y los objetivos de la tesis; el segundo presenta el marco teórico y conceptual de los temas relevantes en la construcción del prototipo, además, se realiza un análisis comparativo de las tecnologías que permiten crear aplicaciones de RA, determinando que Wikitude, es la herramienta adecuada en la construcción del prototipo; el tercero, implementa paso a paso la metodología de creación del prototipo, explicado en el contexto tecnológico; el cuarto, crea un modelo de medición que permite calcular los porcentajes de eficiencia y eficacia en la localización de un accesorio, para luego, el quinto capítulo, probar el modelo con los procesos de localización manual y con RA. Por último, se describen las conclusiones y recomendaciones de este trabajo.

En la reflexión final, se recomienda la utilización de nuevas técnicas con el fin de obtener posicionamiento geográfico de precisión con RA, como el protocolo de la internet para transmisión diferencial NTRIP; o también, implementando la tecnología de seguimiento 3D SLAM.

**Palabras clave:** Realidad Aumentada, geolocalización, enrutamiento, dispositivos móviles, eficiencia, eficacia



## Abstract

In the present document it is observed the processes and activities carried out for the construction of a prototype of software on Android mobile devices that integrates Augmented Reality (AR), geolocation and routing. The prototype is designed to locate the operating accessories in the distribution network of EMAPAL-EP, the public company of drinking water and sewerage services of Azogues-Ecuador.

Six chapters are documented. The first one contains the definition of the project and the objectives of the thesis; the second chapter presents the theoretical and conceptual framework of the relevant themes in the construction of the prototype, also, it is made a comparative analysis of technologies which allows to create applications of AR, determining that Wikitude is the right tool for the construction of the prototype; the third chapter implements, step by step, the creation methodology of the prototype explained in the technological context; in the fourth one, it is created a measurement model that permits to calculate the efficiency and effectiveness through percentages in locating an accessory; and then, in the fifth chapter, it is tested the model with a manual localization processes with AR. Finally, the conclusions and recommendations of this study are described.

In the final reflection, it is recommended the use of new techniques in order to obtain geographic positioning of precision with AR, such as the Internet protocol for the NTRIP differential transmission; or also, by implementing tracking technology 3D SLAM.

**Keywords:** Augmented Reality, geolocation, routing, mobile devices, efficiency, effectiveness



## Índice

Resumen .....	1
Abstract .....	3
Índice de Tablas .....	6
Índice de Ecuaciones .....	7
Capítulo 1. Introducción .....	10
1.1 Problema .....	11
1.2 Objetivo General .....	11
1.3 Objetivo Especifico .....	11
1.4 Limitaciones .....	11
1.5 Hipótesis .....	12
1.6 Estructura de la tesis .....	12
Capítulo 2. Contexto tecnológico .....	14
2.1 Realidad Aumentada .....	14
2.1.1 Definición .....	14
2.1.2 La RA en Dispositivos Móviles (DM) .....	15
2.1.3 Navegación y superposición de POI en RA y DM. ....	16
2.1.4 Tecnologías para crear RA .....	17
2.1.5 Análisis comparativo de las tecnologías que implementan RA .....	18
2.2 Prototipos de software .....	19
2.2.1 Ventajas de la creación de prototipos .....	20
2.2.2 Esquema del proceso de creación de un prototipo .....	20
Capítulo 3. Prototipo de Realidad Aumentada .....	22
3.1 Objetivo del prototipo .....	22
3.2 Requerimientos del Prototipo .....	22
3.2.1 Requerimientos Funcionales .....	22
3.2.2 Requerimientos no funcionales .....	22
3.3 Arquitectura del Prototipo .....	23
3.3.1 Funcionamiento de la arquitectura .....	24



3.4	Construcción-----	25
3.4.1	Creación y poblado de la base de datos geográfica -----	25
3.4.2	Creación del Prototipo-----	25
Capítulo 4. Modelo de medición para la Eficiencia y Eficacia -----		35
4.1	Antecedentes-----	35
4.2	Modelo para medir la Eficiencia y Eficacia -----	35
4.2.1	Variables a considerar en el modelo de medición -----	35
4.2.2	Eficacia-----	36
4.2.3	Eficiencia -----	37
4.2.4	Recolección de datos-----	40
4.2.5	Enfoque-----	40
4.2.6	Instrumento de medición cuantitativo-----	40
4.2.7	Observación Cuantitativa-----	41
4.3	Metodología del modelo -----	41
Capítulo 5. Pruebas y Resultados-----		44
5.1	Escenario de simulación y Pruebas-----	44
5.1.1	Localización de las válvulas -----	46
5.2	Levantamiento de información -----	47
5.3	Estadística descriptiva -----	47
5.4	Resultados de la medición -----	51
5.4.1	Eficacia-----	51
5.4.2	Eficiencia -----	52
5.4.3	Resumen de Resultados-----	58
5.4.4	Análisis de resultados -----	59
Capítulo 6. Conclusiones y recomendaciones -----		60
Conclusiones. -----		60
Recomendaciones -----		61
Bibliografía-----		62
Anexo 1 Fichas de Observación-----		65



Anexo 2 Registro Fotográfico .....	71
Anexo 3 Interfaz de Usuario del prototipo de RA .....	83

## Índice de Figuras

Figura 1: Navegación con RA Exploratoria .....	17
Figura 2: Navegación con RA de viaje o rutas .....	17
Figura 3: El proceso de desarrollo de prototipos .....	21
Figura 4: Arquitectura del Prototipo .....	24
Figura 5: Eficiencia Número de Intentos (ENI) .....	38
Figura 6: Eficiencia en el Tiempo de Arribo a un Accesorio .....	39
Figura 7: Escenario de simulación Proceso Manual .....	45
Figura 8: Escenario de simulación RA .....	45
Figura 9: Histograma de frecuencias válvula 1 .....	48
Figura 10: Histograma de frecuencias válvula 2 .....	49
Figura 11: Histograma de frecuencias válvula 3 .....	49
Figura 12: Histograma de frecuencias válvula 4 .....	50
Figura 13: Porcentaje de eficiencia según el número de intentos válvula 1 .....	53
Figura 14: Porcentaje de eficiencia según el número de intentos válvula 2 .....	53
Figura 15: Porcentaje de eficiencia según el número de intentos válvula 3 .....	54
Figura 16: Porcentaje de eficiencia según el número de intentos válvula 4 .....	54
Figura 17: Porcentaje de eficiencia en el tiempo de arribo a la válvula 1 .....	56
Figura 18: Porcentaje de eficiencia en el tiempo de arribo a la válvula 2 .....	56
Figura 19: Porcentaje de eficiencia en el tiempo de arribo a la válvula 3 .....	57
Figura 20: Porcentaje de eficiencia en el tiempo de arribo a la válvula 4 .....	57
Figura 21: Valores Óptimos vs Proceso Manual y RA .....	58

## Índice de Tablas

Tabla 1: Análisis comparativo de tecnologías que implementan RA .....	19
Tabla 2: Variables a considerar en el cálculo de la eficiencia y eficacia .....	36
Tabla 3: Instrumento de evaluación .....	43
Tabla 4: Pruebas realizadas en la localización de accesorios .....	47
Tabla 5: Frecuencia de intentos en la válvula 1 .....	48



Tabla 6: Frecuencia de intentos en la válvula 2-----	49
Tabla 7: Frecuencia de intentos en la válvula 3-----	49
Tabla 8: Frecuencia de intentos en la válvula 4-----	50
Tabla 9: Tiempo de arribo a una válvula-----	50
<b>Tabla 10: Eficacia válvula 1-----</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 11: Eficacia válvula 2-----</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 12: Eficacia válvula 3-----</b>	<b>52</b>
Tabla 13: Eficacia válvula 4-----	52
Tabla 14: Eficiencia Número de intentos válvula 1-----	53
Tabla 15: Eficiencia Número de intentos válvula 2-----	53
Tabla 16: Eficiencia Número de intentos válvula 3-----	54
Tabla 17: Eficiencia Número de intentos válvula 4-----	54
Tabla 18: Tiempo de arribo calculado por válvula-----	55
Tabla 19: Eficiencia tiempo de arribo a la válvula 1-----	56
Tabla 20: Eficiencia tiempo de arribo a la válvula 2-----	56
Tabla 21: Eficiencia tiempo de arribo a la válvula 3-----	57
Tabla 22: Eficiencia tiempo de arribo a la válvula 4-----	57
Tabla 23: Resumen de Resultados -----	58

## Índice de Ecuaciones

Ecuación 1: Indicador de eficacia -----	36
Ecuación 2: Eficiencia en el número de intentos -----	37
Ecuación 3 : Eficiencia en el tiempo de arribo a un accesorio -----	38
Ecuación 4: Factor de eficiencia-----	38
Ecuación 5: Tiempo de arribo calculado-----	39
Ecuación 6: Velocidad Promedio de caminata -----	39

Universidad de Cuenca



Universidad de Cuenca



YO *Andrés Sebastián Quevedo Sacoto*, autor de la tesis "REALIDAD AUMENTADA EN DISPOSITIVOS MÓVILES "ANDROID" APLICADA A LA GEOLOCALIZACIÓN DE EQUIPAMIENTOS DE AGUA POTABLE DE EMAPAL EP.", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de (Master en Geomática y Ordenamiento Territorial). El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor

Cuenca, 20 de julio del 2015

Una firma manuscrita en tinta azul sobre una línea horizontal.

Andrés Sebastián Quevedo Sacoto

C.I: 0301826434



Universidad de Cuenca

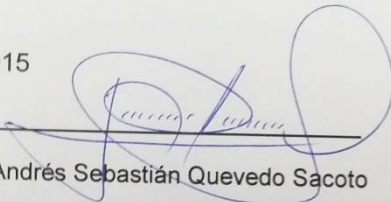


Universidad de Cuenca



Yo, Andrés Sebastián Quevedo Sacoto, autor de la tesis "REALIDAD AUMENTADA EN DISPOSITIVOS MÓVILES "ANDROID" APLICADA A LA GEOLOCALIZACIÓN DE EQUIPAMIENTOS DE AGUA POTABLE DE EMAPAL EP.", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, 20 de julio del 2015

  
Andrés Sebastián Quevedo Sacoto

C.I: 0301826434



## Capítulo 1. Introducción

La disposición y aprovechamiento de tecnologías de la información hoy en día se ha vuelto un requisito indispensable para mejorar los procesos empresariales, estas ventajas permiten acortar los tiempos y recursos utilizados para lograr metas y objetivos planteados.

La Empresa Pública de Agua Potable y Alcantarillado de Azogues (EMAPAL-EP), es una empresa pública encargada de brindar servicios domiciliarios de agua potable, alcantarillado y saneamiento ambiental. En la actualidad maneja un total de 9990 usuarios con conexión de agua potable y 9022 con conexión domiciliaria de alcantarillado [1].

En el último informe de gestión presentado en el año 2013 la EMAPAL E.P atiende al 57,34% de predios totales del cantón Azogues, con una producción de 5, 799,965.00 de metros cúbicos de agua potable al año, con un promedio de pérdida de agua no contabilizada del 58,46%, es decir con una pérdida de 3,363,984.00 de metros cúbicos al año. Esta problemática causa una pérdida comercial promedio de \$0,22 por cada metro cúbico producido, es decir una pérdida monetaria anual de \$740,076.48 [2].

Uno de los problemas principales es la detección tardía de las fugas de agua y el desgaste de tiempo en la búsqueda de los accesorios<sup>1</sup> que permitan controlar el daño, esto es motivado por el manejo empírico de la ubicación geográfica de los accesorios, produciendo errores en la detección del accesorio y sumando tiempo en la solución.

La EMAPAL E.P en la actualidad maneja un sistema de información geográfico que recolecta geoinformación de un 90% de todos los accesorios ubicados en el cantón Azogues y sus parroquias. Esta geoinformación es de mucha utilidad para la detección y mantenimiento preventivo de la infraestructura en funcionamiento; pero para el mantenimiento correctivo de dicha información no está disponible, ya que se maneja a nivel de una intranet institucional.

---

<sup>1</sup> El término accesorios hace referencia a los dispositivos que operan en la red de distribución de agua potable tales como: válvulas, collarines, hidrantes, cajas de acera.



Sin embargo, la situación actual del problema de fugas indica que si no se cambia la metodología de detección de accesorios, el índice de agua no contabilizada seguirá arrojando pérdidas para la empresa.

## **1.1 Problema**

Generalmente un técnico de operación y mantenimiento de la EMAPAL-EP, emplea la localización manual de accesorios<sup>2</sup> de agua potable, entonces, empieza una búsqueda de prueba y error, provocando que el funcionario tenga que recorrer por varias horas hasta ubicar el accesorio de agua acertado.

## **1.2 Objetivo General**

Determinar la eficiencia y eficacia del uso y aplicación de la realidad aumentada para la geolocalización<sup>3</sup> de accesorios de agua potable en la EMAPAL-EP.

## **1.3 Objetivo Especifico**

- Crear un modelo para determinar la eficiencia y la eficacia en la localización de accesorios de agua potable que se acople a las necesidades de la EMAPAL-EP.
- Crear un prototipo de aplicación móvil con el sistema operativo Android que pueda ser utilizada por los técnicos de la EMAPAL-EP y permitir la planificación de su trabajo; integrando la geolocalización con realidad aumentada para lograr una ruta de llegada al accesorio deseado.
- Realizar pruebas de uso del prototipo y contrastar los resultados con los procesos manuales, aplicando el modelo de medición de eficiencia y eficacia en la localización de un accesorio.

## **1.4 Limitaciones**

El presente trabajo se centra en la detección de accesorios en las redes de agua potable de la ciudad de Azogues, mediante la construcción de un prototipo de software que utiliza realidad aumentada y geo posicionamiento, mediante el catastro almacenado en la geodatabase de la empresa EMAPAL E.P, por esta

---

<sup>2</sup> La localización manual de accesorios es el proceso empírico para ubicar un accesorio a base de prueba y error.

<sup>3</sup> Geolocalización es la posición de un objeto en el espacio, de forma que pueda reconocerse su posición en el mundo real.



razón el análisis tiene sus limitaciones que dependen de la calidad de información generada por la empresa.

Cabe señalar que la información recolectada y almacenada en la geodatabase de la institución se realizó con un sistema de posicionamiento global GPS<sup>4</sup> y con cinta métrica con puntos de referencia por lo que el rango de error dependerá de la técnica utilizada.

## 1.5 Hipótesis

En el desarrollo del trabajo de tesis se determina si las preguntas centrales o hipótesis que se plantean podrán ser cubiertas por los medios técnicos seleccionados, ya que dependiendo de su resolución se determinará la consecución de los objetivos propuestos. Las hipótesis planteadas son:

- La Realidad Aumentada y los teléfonos inteligentes, mejoran la eficiencia y eficacia del proceso de localización de accesorios de agua potable.

## 1.6 Estructura de la tesis

El presente trabajo se compone de un esquema de 6 capítulos, tomados desde el actual que describe la definición del proyecto de tesis, objetivos, limitaciones, hipótesis y estructura del documento. A continuación se dará un breve detalle de los temas que serán tratados en cada uno de los capítulos:

El capítulo 2, denominado Contexto tecnológico, se presentará el marco teórico y conceptual que mostrará definiciones, justificaciones y elementos relevantes de los temas a ser tratados en este trabajo de tesis. Los temas a tratar son: La Realidad Aumentada y Prototipos de software.

El capítulo 3, denominado Prototipo de Realidad Aumentada se describe las etapas para la construcción del prototipo de realidad aumentada para la geolocalización de accesorios de agua potable. En el capítulo se tratará de la planificación de los requerimientos, construcción, diseño, y pruebas del prototipo.

En el capítulo 4, se plantea un modelo de medición que permita calcular los porcentajes de eficiencia y eficacia en la localización de accesorios de agua

---

<sup>4</sup> GPS por sus siglas en español de Sistema de Posicionamiento Global



potable, considerando las variables que intervienen en el proceso, además se define las métricas de los indicadores, luego se crea un instrumento de medición que recoja el comportamiento de los técnicos de EMAPAL-EP en el proceso de localización de una válvula, y finalizar con una metodología que permita utilizar y procesar el modelo.

En el capítulo 5, se implementa el modelo de medición de la eficiencia y eficacia propuesta en el capítulo 4; con el objetivo de realizar pruebas y obtener resultados tanto del proceso de localización manual como el prototipo de RA.

Por último el capítulo 6, denominado de conclusiones y recomendaciones, en donde se describe los desenlaces de este trabajo de tesis.



## Capítulo 2. Contexto tecnológico

En este capítulo, se hará una revisión del contexto tecnológico donde se encuentra enmarcado este trabajo de tesis para la creación de un prototipo de realidad aumentada, definiendo los conceptos de realidad aumentada y las tecnologías que la implementan; además de la metodología para crear un prototipo de software y el proceso de desarrollo en la creación de un prototipo.

### 2.1 Realidad Aumentada

En esta sección se precisará lo que es la Realidad Aumentada (RA), ya que al ser el tema central de esta tesis debe estar debidamente justificada y explicada. Estos conceptos serán usados en el capítulo 4 donde se creará un prototipo de RA, y que posteriormente en el capítulo 5 será probada y medida.

#### 2.1.1 Definición

***“La realidad aumentada es un sistema que complementa el mundo real con objetos virtuales generados por ordenador, que parecen coexistir en el mismo espacio.” [3]***

***“La real aumentada permite ver el mundo real superpuesto o combinado con elementos virtuales en tiempo real” [3]***

***“La realidad aumentada (RA) está relacionado con el concepto de realidad virtual (RV). La RV intenta crear un mundo artificial que una persona puede experimentar y explorar interactiva, predominantemente a través de su sentido de la visión, sino también a través de audio, táctil, y otras formas de retroalimentación. La RA también provoca una experiencia interactiva, pero tiene como objetivo complementar el mundo real, en lugar de crear un ambiente completamente artificial”.[4]***

La realidad aumentada es una tecnología que permite integrar contenidos digitales con el entorno real del ambiente. [5][6]

Estos conceptos permiten visualizar de manera general cual es el funcionamiento de la RA que será implementada en la construcción del prototipo de RA en



dispositivos móviles (Android)<sup>5</sup> para la geolocalización de accesorios de agua potable.

### 2.1.2 La RA en Dispositivos Móviles (DM)

En esta sección se describe el estándar, las tecnologías, y los tipos de interacción de RA que se pueden implementar con un DM.

Los DM se han convertido en dispositivos con una gran capacidad de procesamiento, equipados con pantallas de alta calidad de color, cámaras digitales de alta resolución y gráficos en 3D acelerados por hardware en tiempo real.[7]

En la actualidad la Open Geospatial Consortium OGC<sup>6</sup> es la única institución que ha creado un estándar para el manejo de RA, lanzando la especificación ARML 2.0<sup>7</sup>, y es implementada por las tecnologías de navegación con RA (Layar<sup>8</sup>, Junaio<sup>9</sup>, Wikitude<sup>10</sup>)[8], permitiendo el desarrollo estandarizado de aplicaciones con RA. Se hará un análisis comparativo de estas tecnologías en este capítulo con el objetivo de elegir la más conveniente en la creación del prototipo de RA para la geolocalización de accesorios.

En la RA existen dos maneras para interactuar entre el mundo real y los contenidos digitales: la primera es implementar anotadores fijos que responden a la interpretación de un código QR<sup>11</sup> por ejemplo; y la segunda con anotadores basados en geolocalización de puntos de interés (POI<sup>12</sup>), esta última se implementará en la construcción del prototipo de RA ya que el propósito es crear anotadores basados en geolocalización para la ubicación de POI que en este caso son los accesorios de agua.

---

<sup>5</sup> <https://www.android.com/>

<sup>6</sup> [www.opengeospatial.org/](http://www.opengeospatial.org/)

<sup>7</sup> [www.opengeospatial.org/projects/groups/arml2.0swg](http://www.opengeospatial.org/projects/groups/arml2.0swg)

<sup>8</sup> [www.layar.com/](http://www.layar.com/)

<sup>9</sup> [www.junaio.com](http://www.junaio.com)

<sup>10</sup> [www.wikitude.com/](http://www.wikitude.com/)

<sup>11</sup> <http://whatis.techtarget.com/search/query?q=QR>

<sup>12</sup> POI: es un término usado en RA que hace referencia a los puntos de interés





De la RA basada en anotadores por geolocalización de POI, se desprende la navegación<sup>13</sup> y superposición a POI[9][10][11][12], la navegación y superposición de POI se describe en la siguiente sección de este capítulo.

### **2.1.3 Navegación y superposición de POI en RA y DM.**

La navegación y superposición de POI con RA es importante en la construcción del prototipo ya que permitirá a los técnicos de la EMAPAL-EP localizar los accesorios, y les ayudará a navegar y llegar de manera correcta al accesorio elegido o más cercano, [13] Manifiesta que la próxima generación de sistemas basados en localización será la RA.

El funcionamiento básico de una aplicación de RA con navegación y superposición de POI es determinar la ubicación geográfica del dispositivo móvil con la ayuda del GPS, con el acelerómetro detectar los movimientos y la posición horizontal y vertical del dispositivo además del ángulo, el compás detectará el campo magnético de la tierra, con la finalidad de determinar en donde se encuentra y hacia donde está apuntando el dispositivo, con esta información el dispositivo procesa la información y superpone el contenido digital en tiempo real.[14]

La navegación con RA pretende mejorar la navegación en el mundo real, por ningún motivo la navegación con RA puede ser confundida con la navegación tradicional pero tienen un grado de similitud.[15] Por ejemplo la navegación tradicional usa un mapa o un navegador GPS para que el usuario se oriente y pueda moverse en el entorno, esto provoca que por momentos se pierda la perspectiva de su ubicación y deba representar la información de los gráficos abstractos presentados en los mapas e interpretarlos al entorno en el que se encuentra. Mientras la RA es intuitiva y permite al usuario percibir la realidad de manera constante con la ayuda de un dispositivo.[16]

La navegación con RA se puede implementar de dos maneras: la exploratoria; o de viaje o búsqueda de rutas, en la primera se presenta los POI geo referenciados en objetos reales del entorno como se muestra en la Figura 1 y la segunda superpone una ruta directamente sobre el entorno físico y las indicaciones y giros para llegar al destino, en la Figura 2 se muestra como se presentan las indicaciones en el caso de una ruta al momento de conducir.

---

<sup>13</sup> La navegación es la tarea de moverse dentro y alrededor de un entorno, y de hallar caminos y actividades [15]





**Figura 1: Navegación con RA Exploratoria**

Fuente: Autor



**Figura 2: Navegación con RA de viaje o rutas**

Fuente: [15]

Para obtener el contenido digital que se pretende superponer en los navegadores de RA y que se define como el conocimiento espacial, estos se adquieren de fuentes primarias o secundarias[17], cuando hablamos de fuentes primarias el contenido aparece según como se movilice el DM, es decir si una persona está caminando por una avenida, cada que avanza se presenta y retira información del navegador de RA, por ejemplo, si llega cerca de una iglesia se superpone el contenido digital sobre esta iglesia, pero si se aleja, el contenido desaparece automáticamente. Mientras que las fuentes secundarias las genera el usuario, es decir planifica el contenido digital a superponerse, por ejemplo seleccionar un accesorio de agua potable de la red de distribución de una ciudad, este contenido no desaparece hasta que el usuario lo desee.

### 2.1.4 Tecnologías para crear RA

En esta sección se realizará un análisis comparativo de las tecnologías que implementan RA considerando que implementen el estándar ARML 2.0 para la generación de sus aplicaciones, con el objetivo de seleccionar la más apropiada en la construcción del prototipo para la localización de accesorios de agua potable.

Existen diversas tecnologías para implementar RA en DM, pero como se manifestó en la sección 2.1.2 de este capítulo solo existen 3 tecnologías que



implementan el estándar ARML 2.0, a continuación se hace un análisis comparativo.

### 2.1.5 Análisis comparativo de las tecnologías que implementan RA

Dentro de esta sección se realizará la selección de la tecnología que sea la más apropiada para implementar el prototipo de realidad aumentada y que ayude a cumplir los objetivos de este trabajo de tesis.

Para evaluar y seleccionar la tecnología más apropiada al implementar realidad aumentada, se crea una tabla comparativa Tabla 1, que mide los siguientes criterios:

**Soporte Android:** Este parámetro mide si la tecnología permite la creación de aplicaciones móviles en el sistema operativo Android.

**Soporte GPS:** Mide si la tecnología tiene soporte para la navegación y superposición de POI con GPS

**SDK<sup>14</sup> fácil uso:** Mide si la instalación y la implementación del SDK es rápida y fácil de usar

**Documentación:** Mide la cantidad de documentación existente.

**Reconocimientos internacionales:** Mide los reconocimientos internacionales obtenidos por sus innovaciones.

**Escalabilidad:** Mide el grado de adaptación y crecimiento sin perder la calidad de los servicios ofrecidos.

**(Academic Free License)<sup>15</sup>:** Este parámetro mide si la tecnología permite la creación de aplicaciones académicas de manera gratuita.

Todos los parámetros considerados en la Tabla 1, se miden considerando una valoración de 1 al 3, y se explican de la siguiente manera:

- Valor 1: No cumple con los requisitos indicados.
- Valor 2: Cumple parcialmente

<sup>14</sup> SDK (Software Developer's Kit) traducido al español: kit de desarrollo de software.

<sup>15</sup> <http://opensource.org/licenses/AFL-3.0>



- Valor 3: Cumple satisfactoriamente los criterios de evaluación.

Una vez valorado cada uno de los parámetros en la Tabla 1, al final en la columna de Total se muestra el resultado para cada tecnología.

Tecnología	Soporte Android	Soporte GPS	SDK fácil uso	documentación	Reconocimientos internacionales	Escalabilidad	Academic Free License	observaciones	Total
Wikitude	3	3	3	3	3	3	3	*Best Augmented Reality Browser *Best Developer Tool Or Platform *Best Augmented Reality Application (excluding Browsers) *Best Example of Augmented Reality In Marketing	21
Junao	3	3	2	3	1	1	3	Miembro OGC ARML 2.0	16
Layar	3	3	2	3	1	2	1	Miembro OGC ARML 2.0	15

**Tabla 1: Análisis comparativo de tecnologías que implementan RA**

Fuente: Autor

El resultado muestra, que la tecnología que cumple los parámetros planteados de una mejor manera y tiene un mejor puntaje es Wikitude, por lo que será utilizada en el desarrollo del prototipo en el capítulo 3 de esta tesis.

## 2.2 Prototipos de software

En el desarrollo de software existen varias metodologías para la construcción de soluciones de software, uno de los objetivos de este trabajo de tesis es la creación de un prototipo de aplicación móvil que implemente RA y sea compatible con el sistema operativo Android, que permita ver a los técnicos de la EMAPAL-EP como les apoyará el prototipo en su trabajo, es por eso que en esta sección se describe la metodología para creación de prototipos de software.

### Definición:

***“Un prototipo es la versión inicial de un sistema de software que se utiliza para demostrar conceptos, probar opciones de diseño y, en general, informarse más del problema y sus posibles soluciones.” [18]***



***“Un prototipo de software es básicamente una técnica de análisis que permite completar el conjunto de requisitos funcionales de un sistema de software[19].”***

### **2.2.1 Ventajas de la creación de prototipos**

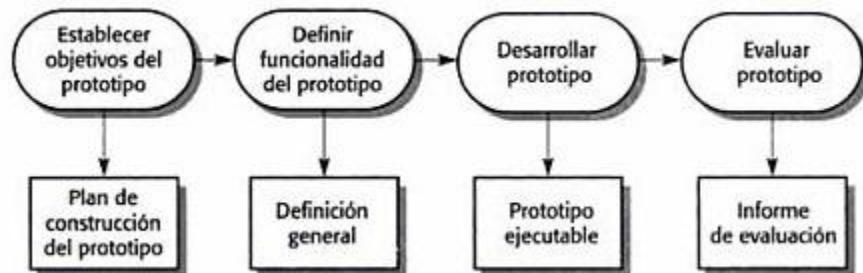
Son muchas las ventajas que se dan por la creación de un prototipo de software. [20] describe las siguientes:

1. El periodo de tiempo en la construcción de un prototipo es corto.
2. El desarrollo del prototipo puede hacerlo uno o dos personas.
3. No se presta mucha atención a la seguridad en el sistema
4. El costo en el desarrollo es bajo
5. El prototipo permite ofrecer una mejor y más completa información y especificaciones ya que el usuario interactúa con el prototipo.

Además, los prototipos ayudan a la determinación temprana de lo que el usuario realmente quiere y esto puede resultar en la construcción de un software de una manera rápida y menos costosa.

### **2.2.2 Esquema del proceso de creación de un prototipo**

El proceso de creación de prototipos implica los siguientes pasos Figura 3: El proceso de desarrollo de prototipos, primero es necesario identificar los requerimientos o necesidades básicos y establecer los objetivos del prototipo; segundo definir la funcionalidad del prototipo, tercero desarrollar el prototipo y para finalizar evaluar el prototipo, aquí los usuarios finales examinan el prototipo y brindan información del funcionamiento. La revisión del prototipo podría requerir mejoras, por lo que sería necesario repetir el segundo y tercer paso para lograrlo.[19]



**Figura 3: El proceso de desarrollo de prototipos**  
Fuente: [19]

Este proceso, será utilizado en la creación del prototipo en el capítulo 3, considerando la tecnología para creación de realidad aumentada Wikitude descrita en la sección 2.1.4.1 de este capítulo.



## Capítulo 3. Prototipo de Realidad Aumentada

En este capítulo se detalla el proceso de construcción del prototipo para generar RA en la geolocalización de accesorios de agua potable en EMAPAL-EP; además, se especifican las actividades desarrolladas en cada una de las fases siguiendo la metodología de prototipado de software especificado en el capítulo 2 sección 2.2.

### 3.1 Objetivo del prototipo

Crear un prototipo de aplicación Android que pueda mostrar geolocalización con RA de los accesorios de agua potable de EMAPAL-EP.

### 3.2 Requerimientos del Prototipo

En esta sección se muestran los requerimientos funcionales<sup>16</sup> y requerimientos no funcionales<sup>17</sup> para la creación del prototipo; y, se describen a continuación.

#### 3.2.1 Requerimientos Funcionales

- El prototipo debe permitir, seleccionar el accesorio que se desea localizar; y, mostrar con realidad aumentada los 20 accesorios más cercanos a la ubicación geográfica del dispositivo.
- El prototipo debe permitir mostrar información detallada de un accesorio seleccionado, y además debe exhibir la posibilidad de calcular una ruta de llegada; que muestre el camino y las indicaciones para lograr llegar al accesorio.

#### 3.2.2 Requerimientos no funcionales

##### Almacenamiento

El prototipo se debe conectar a una base de datos geográfica<sup>18</sup>, que contenga la ubicación geográfica y alfanumérica de los accesorios de agua potable.

<sup>16</sup> Los requerimientos funcionales son declaraciones de los servicios que proveerá el sistema.[26]

<sup>17</sup> Los requerimientos no funcionales son aquellos requerimientos que no se refieren directamente a las funciones específicas que entrega el sistema.[26]

<sup>18</sup> Base de datos geográfica: es una colección de datos organizados de tal manera que sirvan para aplicaciones de sistemas de información geográfica.



## Disponibilidad

El sistema contará con un factor de disponibilidad del 100% con respecto al acceso a la información. Esto quiere decir que la información deberá estar disponible cuando lo requiera un técnico de la institución EMAPAL-EP, por lo que el prototipo debe poder ser utilizado sin necesidad de conexión a Internet. La falta de disponibilidad dependerá únicamente de factores externos al sistema como calidad de la señal GPS o carga de batería del dispositivo.

## Portabilidad

El sistema será diseñado, desarrollado e implementado con la finalidad de que sea totalmente portable; con el objetivo de poder trasladarlo hacia la ubicación de un accesorio geo localizado.

## Otros

Según [14] los componentes básicos que debería contar una aplicación de realidad aumentada basados en geolocalización son: el radar, los marcadores de punto de interés, un panel de información, rangos de distancia y navegación.

### 3.3 Arquitectura del Prototipo

En la Figura 4, se muestra la arquitectura del prototipo cuyos componentes se detallan a continuación:

La arquitectura del prototipo se divide en tres capas: la primera que corresponde al sistema operativo Android; la segunda corresponde al contenedor para las aplicaciones nativas, y por último las interfaces de usuario.

En la capa del sistema operativo Android, se encuentran las aplicaciones del lado del dispositivo "APIs"<sup>19</sup>, que manejan y controlan las aplicaciones nativas y hardware del sistema operativo.

La capa para el contenedor de aplicaciones nativas Android, contiene una interfaz creada con PhoneGap<sup>20</sup>; en esta interfaz, se instalan dos aplicaciones; la primera controla de forma nativa la RA generada con Wikitude; y la segunda, el acceso a

<sup>19</sup> <http://searchexchange.techtarget.com/definition/application-program-interface>

<sup>20</sup> <http://phonegap.com/>

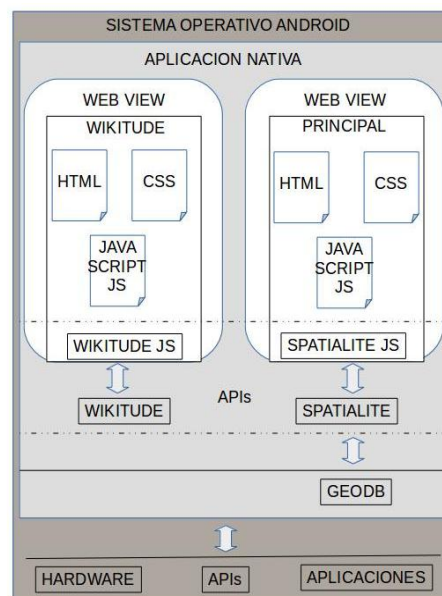


la base de datos geográfica Spatialite<sup>21</sup>.

Por último la capa para el manejo de las interfaces de usuario, en donde se generan las web view<sup>22</sup> para la interacción con el usuario final.

### 3.3.1 Funcionamiento de la arquitectura

Esta arquitectura, funciona con una interfaz de usuario que consta de una sola pantalla; esta pantalla, está compuesta por una web view que ocupa todo el espacio de la pantalla del dispositivo. Cuando la aplicación arranca, despliega la página inicial de la aplicación web. En la Aplicación web se encuentran empaquetadas dos web view: la de Wikitude; y la Principal. Tanto la web view de Wikitude y Principal, contienen un conjunto de APIs programadas con JavaScript<sup>23</sup> que permiten acceder desde las aplicaciones web empaquetadas en la aplicación nativa Android, al hardware del dispositivo móvil como el acelerómetro, cámara, compas y GPS. Las APIs se encuentra conformadas por 2 partes; la primera formada por una librería JavaScript que expone las capacidades nativas del dispositivo móvil, a la web; y la segunda, por código nativo que se ejecuta dentro del contenedor PhoneGap.



**Figura 4: Arquitectura del Prototipo**  
Fuente: Autor

<sup>21</sup> <http://www.gaia-gis.it/gaia-sins/>

<sup>22</sup> <http://searchsecurity.techtarget.com/definition/Android-Webview>

<sup>23</sup> <http://searchsoa.techtarget.com/definition/JavaScript>





### 3.4 Construcción

En la construcción del prototipo se detalla la configuración de las herramientas a usar en la implementación y el desarrollo del mismo.

#### 3.4.1 Creación y poblado de la base de datos geográfica

La base de datos Spatialite, es un archivo que puede ser tratado al igual que cualquier documento, se puede copiar y pegar desde un sistema operativo a otro, sin necesidad de realizar cambios en el mismo. Esta portabilidad, permite que la base de datos pueda ser poblada con información geográfica de los accesorios de EMAPAL-EP y luego ser embebida en la aplicación nativa.

Para poblar la base de datos, se realizó el proceso de migración de la información proporcionada por la EMAPAL-EP; la migración se realiza desde una base de datos Postgis<sup>24</sup>; hacia la base de datos Spatialite, utilizando el sistema de información geográfico QGIS<sup>25</sup> con su complemento qspatialite<sup>26</sup>. Los accesorios contienen datos geográficos de latitud, longitud, altura y una descripción alfanumérica de los accesorios.

#### 3.4.2 Creación del Prototipo

Para generar la estructura inicial en la construcción del prototipo, se utiliza la herramienta de línea de comando (CLI) de PhoneGap, que se compone de la siguiente forma:

Se generan 3 directorios: el primero con el nombre de www; el segundo denominado platforms; y por último el directorio Plugins.

En el directorio www, se codifica la aplicación con HTML<sup>27</sup>, CSS<sup>28</sup> y JavaScript. Inicialmente en este directorio se genera un archivo index.html que carga la librería de PhoneGap en la aplicación web Principal.

En el directorio platforms, PhoneGap, crea la aplicación nativa para Android, considerando previamente la instalación y configuración del SDK de Android

En el directorio Plugins, se adicionarán las interfaces de JavaScript para las APIs

---

<sup>24</sup> <http://postgis.net/>

<sup>25</sup> <http://www.qgis.org/>

<sup>26</sup> <https://plugins.qgis.org/plugins/Qspatialite/>

<sup>27</sup> <http://searchsoa.techtarget.com/definition/HTML>

<sup>28</sup> <http://searchcrm.techtarget.com/definition/customer-service-and-support>



de Wikitude y android-spatialite.

### 3.4.2.1 Soporte para Realidad Aumentada

Para proveer al prototipo de funcionalidad con RA, se utiliza el SDK de Wikitude; que se adiciona al prototipo ejecutando la siguiente línea de comando de PhoneGap:

```
cordova plugin add https://github.com/Wikitude/wikitude-cordova-plugin.git
```

Wikitude SDK, permite desarrollar Experiencias de Realidad Aumentada con las tecnologías web: JavaScript, HTML y CSS. Las Experiencias de Realidad Aumentada son denominadas **Architect Word**, que son páginas HTML comunes que utilizan una API denominada **Architect**, que permite crear objetos en realidad aumentada. Wikitude permite agrega Realidad Aumentada al prototipo a través del componente ARchitectView que es un Web View, que en lugar de representar una página web; visualiza contenido de realidad aumentada.

### 3.4.2.2 Soporte para Base de Datos Geográfica

Los navegadores de realidad aumentada recuperan contenido geo referenciado de distintas bases de datos y los presentan a través de una interfaz [17]. La base de datos geográfica utilizada en el prototipo, es Android-Spatialite<sup>29</sup>, la cual fue poblada previamente con información de los accesorios que dispone la EMAPAL EP.

La configuración de la base de datos en el prototipo, se realiza agregando manualmente las librerías de spatialite-android, en la aplicación nativa generada por PhoneGap. La base de datos que contiene la información de los accesorios de la EMAPAL-EP, también se debe adicionar en el directorio nativo de la aplicación.

Una vez configurada la base de datos en el entorno nativo, es necesario adicionar al prototipo el plugin Android-Spatialite, con el objetivo de crear la conexión a la base de datos y realizar las consultas desde la aplicación web con JavaScript.

### 3.4.2.3 Estructura del proyecto

A continuación se presenta la estructura de directorios del prototipo que se

---

<sup>29</sup> <https://www.gaia-gis.it/fossil/libspatialite/wiki?name=spatialite-android-tutorial>



generaron en la construcción del mismo

### - **AugmentedRealityProject**

- | - hooks
- | - merges
- | - platforms
  - | - android
- | - plugins
  - | - com.wikitude.phonegap.WikitudePlugin
  - | - edina-Spatialite-Android
- | - www
  - | - js
  - | - world
  - | - jquery
  - | - css
  - | - icons

El archivo principal del prototipo es index.js el cual se encuentra en el directorio "www/js/". Desde este se invoca la experiencia de realidad aumentada (Architect World), además de la conexión a la base de datos geográfica y se generan las consultas para obtener los accesorios a visualizar con RA. Debido a que el prototipo es una aplicación híbrida que está compuesta de dos bases de código; primero el código nativo y segundo código JavaScript, es necesario crear el método `onDeviceReady`, el cual es necesario atar al evento `deviceReady` de PhoneGap, el cual se dispara automáticamente una vez que todos los plugins se encuentran cargados y listos para ser utilizados.

Para utilizar la funcionalidad de RA que provee Wikitude, es necesario crear una instancia de la clase `WikitudePlugin.js` en el método `onDeviceReady` con la siguiente línea de código.

```
WikitudePlugin=  
cordova.require("com.wikitude.phonegap.WikitudePlugin.WikitudePlugin")
```

Para habilitar la base de datos geográfica por primera vez, es necesario que esta se copie a una ubicación nativa de la aplicación, antes de realizar la primera



consulta a la base de datos. A continuación se presenta el código nativo implementado.

```
public void onCreate(Bundle savedInstanceState)
{
    super.onCreate(savedInstanceState);
    super.init();
    super.loadUrl(Config.getStartUrl());
    try{
        String pName = this.getClass().getPackage().getName();
        this.copy("map.db", "/data/data/"+pName+"/databases/");

        this.copy("000000000000000001.db", "/data/data/"+pName+"/databases/file__0/"
    );
    } catch (IOException e){
        e.printStackTrace();
    }
}

public void copy(String file, String folder) throws IOException
{
    File CheckDirectory;
    CheckDirectory = new File(folder);
    if (!CheckDirectory.exists())
    {
        CheckDirectory.mkdir();
    }

    InputStream in = getApplicationContext().getAssets().open(file);
    OutputStream out = new FileOutputStream(folder+file);

    byte[] buf = new byte[1024];
    int len; while ((len = in.read(buf)) > 0) out.write(buf, 0, len);
    in.close(); out.close();
}
```

#### 3.4.2.4 Creación de la experiencia con realidad aumentada

En la Figura 4, se presentan 2 web views, uno que corresponde a la aplicación web generado automáticamente por PhoneGap y otro el otro que corresponde al web view propio de Wikitude. Dentro de la carpeta “www/” se crea el directorio world que va a contener el web view de Wikitude, en el cual se implementa la experiencia de RA. El directorio world tiene la siguiente estructura de archivos y directorios:

- index.html: punto de acceso a la experiencia de la realidad aumentada



- js/\*: archivos JavaScript necesarios
- css/\*: hojas de estilo css requeridas
- assets/\*: contiene imágenes y otros archivos

Dentro del directorio js/ se encuentra el archivo fromApplicationModel.js, este es el archivo principal en el que se implementa la mayor parte de la programación para proveer al prototipo de RA.

En el contexto de RA, los accesorios son los POI a ser representados con un marcador en la navegación con Realidad Aumentada. Este marcador se superpone al accesorio capturado en tiempo real.

Para crear la aumentación de un POI es necesario crear un recurso de imagen utilizando la clase de wikitude AR.ImageResource, en esta clase se especifica la imagen a ser mostrada como marcador en una geolocalización específica. El recurso de imagen creado se pasa como parámetro a la clase AR. ImageDrawable que es un componente visual que posteriormente se conecta al objeto geo localizado AR.GeoObject.

El método AR.context.onLocationChanged() recupera la posición actual del dispositivo, la que es utilizada para colocar en punto geográfico una representación visual con AR. ImageDrawable.

Para cada uno de los POIs, se crea un objeto de la clase AR.ImageResource que es usado como imagen para el marcador. Este objeto utiliza como parámetro para la creación del objeto AR.ImageDrawable. AR.ImageDrawable posee el método onClick que se invoca cuando un usuario selecciona el marcador durante la RA. A continuación se proporciona el fragmento de código que implementa lo descrito.

```
World.markerDrawable_idle = new
AR.ImageResource("assets/marker_idle.png");
var markerImageDrawable_idle = new
AR.ImageDrawable(World.markerDrawable_idle, 2.5, {zOrder: 0, opacity: 1.0
},
onClick: Marker.prototype.getOnClickTrigger(this)
);
```

Con la posición geográfica del accesorio recuperado de la base de datos se crea el objeto AR\_Geolocation, que representa una localización en el espacio con



latitud, longitud y altura y usa el sistema de coordenadas WGS84. Este objeto es necesario para la creación del objeto `GeoObjectc` que se detalla más adelante.

```
var markerLocation = new AR.GeoLocation(poiData.latitude,
poiData.longitude, poiData.altitude);
```

Además de la imagen que va a representar el accesorio durante la realidad aumentada se crean las etiquetas para visualizar un título y una descripción del mismo creando dos objetos de la clase `AR.Label`

```
this.titleLabel = new AR.Label(poiData.title.trunc(10), 1, {
    zIndex: 1,
    offsetY: 0.55,
    style: {
        textColor: '#FFFFFF',
        fontStyle: AR.CONST.FONT_STYLE.BOLD
    }
});

this.descriptionLabel = new AR.Label(poiData.description.trunc(15),
0.8, {
    zIndex: 1,
    offsetY: -0.55,
    style: {
        textColor: '#FFFFFF'
    }
});
```

En el caso de que un técnico seleccione un accesorio al que desee llegar Wikitude proporciona un sistema de enrutamiento básico con realidad aumentada, para esto es necesario crear un indicador de direcciones, el cual se representa con un gráfico de una flecha, el cual aparecerá dinámicamente según los movimientos del dispositivo indicando si el dispositivo debe moverse hacia la izquierda y derecha para llegar al accesorio.

```
directionIndicatorDrawable = new
AR.ImageDrawable(World.markerDrawable_directionIndicator, 0.5, {
    enabled: false
});
```

El radar se implementa para dar una idea a los técnicos del lugar en donde se



encuentran los accesorios con respecto a su posición actual. Para indicar que un accesorio debe mostrarse en el radar se tiene que crear un objeto círculo con AR.Circle, que es la representación de una válvula como un punto en el radar. Una vez creado se agrega a un vector el cual se pasa como parámetro en el constructor del AR.GeoObject.

```
this.markerObject = new AR.GeoObject(markerLocation, {
    drawables: {
        cam: [ this.markerDrawable_idle,
               this.markerDrawable_selected,
               this.titleLabel,
               this.descriptionLabel ],
        indicator: this.directionIndicatorDrawable,
        radar: this.radardrawables
    }
});
```

Finalmente se crea un AR.GeoObject, que representa el accesorio como un objeto virtual en el espacio; el cual recibe como primer parámetro el objeto AR.GeoLocation, que contiene la localización del accesorio, y recibe los objetos AR.Drawables en RA, es decir la imagen y etiquetas con los que se realiza la aumentación del accesorio en RA. En el objeto AR.GeoObject además es posible establecer los lugares a visualizar, en este caso se indica que se muestre en la cámara y en el radar. Adicionalmente se agrega el indicador de direcciones.

```
var markerObject = new AR.GeoObject(markerLocation, {
    drawables: {
        cam: [markerImageDrawable_idlem, titleLabel,descriptionLabel
    ],
    indicator: this.directionIndicatorDrawable
}
});
```

La ubicación de los accesorios a representar con el marcador durante la RA puede ser uno o más dependiendo de los registros existentes en la base de datos, por esta razón el objeto de la clase AR.GeoObject será creado para cada uno de los accesorios. Cada uno de los objetos marcadores creados es inyectado al listado de marcadores a visualizar con RA utilizando el método markerList de Wikitude.



### 3.4.2.5 Consulta de accesorios y representación con RA

Para que un técnico pueda seleccionar el tipo de accesorio que desea visualizar con RA, el prototipo dispone de un menú con los tipos de accesorio. Cuando el usuario selecciona el tipo de accesorio en el menú, este es enviado como parámetro para construir la consulta de búsqueda de accesorios en la base de datos geográfica.

Luego de construir la consulta con el parámetro de búsqueda es necesario realizar una transformación de coordenadas al vuelo, debido a que los accesorios se encuentran almacenados en la base de datos geográfica con el sistema de coordenadas WGS 84 UTM 17s y el sistema de coordenadas que usa Wikitude para la representación de los POIs es WGS84. La transformación se realiza utilizando la función de Spatialite ST\_Transform,

Con el objetivo de no saturar la pantalla del dispositivo móvil en la consulta además se limita para que obtenga únicamente los 20 accesorios más cercanos a la posición geográfica del dispositivo.

A continuación se presenta la función loadSpatialite que contiene la conexión a la base de datos y la obtención de los accesorios

```
loadSpatialite: function() {
    nombreTabla=app.poiType;
    app.poiData = [];
    var query = 'SELECT
tipo,descripcio,substr(ST_AsText(ST_Transform(Geometry,4326)),12),ST_Distance(Geometry, st_transform(geomfromtext(\'POINT ('+app.longitud+'
'+app.latitud+)\',4326),32717)) AS Distance FROM '+app.poiType +' order
by Distance limit 25';

    console.log(query);
    SpatialitePlugin.openDatabase(
        'map',
        function(db) {
            db.executeSql(
                query,
                [],
                function (results) {
                    for(var i in results){
                        var lonlat = results[i][2];
                        var lonlatSplited = lonlat.split(" ");
                        var longitude = lonlatSplited[0];
                        var latitudeToSplit = lonlatSplited[1];
                        var latitude = latitudeToSplit.split(" ");
                    }
                }
            );
        }
    );
}
```





```

app.poiData.push({ 'id': (i+1), 'longitude': longitude,
'latitude' : latitude[0], 'descripcion' : results[i][1],
'tipo': results[i][0]})
console.log('id ' + (i+1)+ 'longitude ' + longitude+ 'latitude '
+ latitude[0]+ 'descripcion' + results[i][1], 'tipo'+
results[i][0]);
}
app.loadARchitectWorld();
},
function(error) {
    console.log(error);
}
);
},
function() {
    console.log("Something went wrong with
database.");
}
)
}

```

Una vez obtenidos los accesorios; estos se pueden representar con RA creando los marcadores con el método `AR.GeoObject` y pasándolos a la lista de marcadores. Para esto se debe utilizar el método `loadArchitectWorld`, con el cual se carga la web view de Wikitude de RA especificando la ruta en donde se encuentra el punto de acceso dentro del directorio `world/`, con la siguiente instrucción.

```

app.wikitudePlugin.loadArchitectWorld("www/world/4_ObtainPoiData_1_FromAp
plicationModel/index.html");

```

### 3.4.2.6 Funcionamiento básico

El proceso inicia cuando el técnico selecciona un tipo de accesorio a visualizar desde el menú de tipos de accesorios, en ese instante se invoca la función `loadArchitectWorld` que carga la web view de Wikitude de RA y al mismo tiempo se envía la consulta a la base de datos geográfica para recuperar los accesorios de acuerdo al tipo de accesorio seleccionado. Una vez que los POIs son recuperados, se crean los objetos de la clase `AR.GeoObject` para cada uno, para ser agregados a listados de marcadores, para inmediatamente crear su aumentación en la vista con Realidad Aumentada.



#### 3.4.2.7 Ruta óptima

El cálculo de la mejor ruta desde el punto de ubicación del dispositivo, hasta el punto de interés seleccionado por el usuario; se realiza con la integración del api de rutas de google, para esto se construye un enlace web apuntando a los servidores de google que incluye la longitud y latitud del punto de partida y el punto de llegada. A continuación se muestra la línea de código implementada en la construcción del enlace.

```
$("#poi-ruta").html('<a href= "https://www.google.com.ec/maps/dir/'+  
marker.poiData.latitude+', '+marker.poiData.longitude+'/' +World.userLocati  
on.latitude+', '+  
World.userLocation.longitude+' " data-rel="dialog" data-close-  
btn="right">ruta</a>');
```

En el anexo 3, se muestra los componentes utilizados en la creación del prototipo, además graficas de la interfaz de usuario del prototipo.



## **Capítulo 4. Modelo de medición para la Eficiencia y Eficacia**

El objetivo de este capítulo, es la construcción de un modelo que permita medir los porcentajes de eficiencia y eficacia cuando los técnicos de la EMAPAL-EP se encuentren en proceso de localizar un accesorio de agua potable, definiendo las métricas e indicadores que se acoplen a la realidad de la empresa, en el capítulo 5 este modelo será implementado para medir los niveles de eficiencia y eficacia en el proceso manual y en el proceso con RA.

### **4.1 Antecedentes**

De la totalidad de personas que laboran en la empresa EMAPAL-EP, el único personal con la capacidad de operar y manipular las redes de agua potable, son los técnicos del departamento técnico y de planificación, por tanto son los únicos autorizados en la detección de los accesorios que operan en el sistema de agua.

Son 6 los ingenieros encargados de esta labor, cuatro del departamento de planificación y dos del departamento técnico que sería nuestra población<sup>30</sup> a investigar.

### **4.2 Modelo para medir la Eficiencia y Eficacia**

En esta sección se define lo que es ser eficaz y eficiente en la localización de un accesorio de agua en la EMAPAL –EP, además de las métricas e indicadores para determinar los porcentajes de cumplimiento en esta tarea.

#### **4.2.1 Variables a considerar en el modelo de medición**

A continuación en la Tabla 2 se presentan las variables que se consideran en el modelo de medición de la eficiencia y eficacia.

---

<sup>30</sup> Entendiendo por población al conjunto de individuos que tienen ciertas características o propiedades que son los que se desea estudiar[27]



Variables	Tipo	Descripción
Número de intentos ( <b>NI</b> ):	Cuantitativa	Esta variable determina el número total de intentos que le toma a un técnico en la detección de un accesorio.
Tiempo de identificación del accesorio ( <b>TIA</b> ):	Cuantitativa	Esta variable determina en minutos el tiempo que le toma a un técnico la localización geográfica de un accesorio.
Tiempo de Arribo al Accesorio ( <b>TAA</b> ):	Cuantitativa	Esta variable determina en minutos el tiempo de arribo o llegada hasta un accesorio.
Acierto	Cuantitativa	Esta variable determina si en un determinado intento se logró llegar al accesorio deseado
Error	Cuantitativa	Esta variable determina si en un determinado intento se cometió un error al momento de llegar al accesorio deseado

Tabla 2: Variables a considerar en el cálculo de la eficiencia y eficacia

Fuente: Autor

#### 4.2.2 Eficacia

**Definición:** La eficacia, es hacer algo como corresponde. Es la mejor forma por la cual las cosas deben ser hechas o ejecutadas[21].

En la implementación de este modelo se considerará ser eficaz en la localización de un accesorio, cuando un técnico llegué a un accesorio, sin importar el número de intentos que se ocuparon para lograr la identificación del mismo.

La fórmula matemática para medir este indicador se describe a continuación en la

Ecuación 1.

$$Eficacia = \begin{cases} Aciertos \geq 1, & 100\% \\ Aciertos = 0, & 0\% \end{cases}$$

Ecuación 1: Indicador de eficacia  
Fuente: Autor

En donde

**Acieros** = Número de acieros en la localización de un accesorio



**Valoración:** Se considera una eficacia del 100% si un técnico llega al accesorio deseado sin importar el número de intentos y 0% cuando el técnico no logra la llega al accesorio requerido.

#### 4.2.3 Eficiencia

**Definición:** La eficiencia se enfatiza en hacer las cosas de manera correcta, salvaguardando los recursos[21].

En la implementación de este modelo se considera ser eficiente de dos maneras: primero, la eficiencia en el número de intentos para la detección de un accesorio; segundo, la eficiencia en el tiempo de arribo a un accesorio.

##### 4.2.3.1 Eficiencia en el número de intentos para la detección de un accesorio (ENI)

**Definición:** Este indicador valora el porcentaje de eficiencia de un técnico según el número de intentos utilizados para localizar un accesorio de agua.

La fórmula matemática para medir este indicador se describe a continuación en la Ecuación 2.

$$ENI = \begin{cases} NI \leq 5, & -25 * NI + 125 \\ NI > 5, & 0\% \end{cases}$$

Ecuación 2: Eficiencia en el número de intentos  
Fuente: Autor

En donde:

**NI=** Número total de intentos que le toma a un técnico detectar un accesorio.

Para el cálculo de la ENI se considera que el límite de la función de la Ecuación 2 es el número 5, esto debido que en la red de distribución de agua potable de la EMAPAL\_EP por cada sector hay un promedio de cinco accesorios, lo que significa que si el número de intentos pasa de 5, el técnico cambiaría de sector y no estaría siendo eficiente en esta tarea.

**Valoración:** Se considera una ENI del 100% si el técnico localiza el accesorio correcto al primer intento, la valoración decrece linealmente hasta 0% cuando un técnico lo hace en más de cinco intentos, en la Figura 5 se muestra el porcentaje a obtener según el número de intentos utilizados para localizar un accesorio.

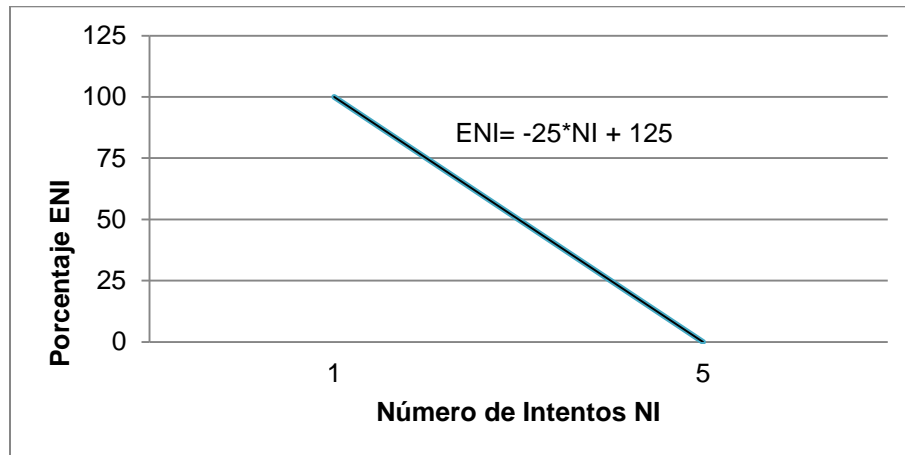


Figura 5: Eficiencia Número de Intentos (ENI)  
Fuente: Autor

#### 4.2.3.2 Eficiencia en el tiempo de arribo a un accesorio (ETAA)

**Definición:** Este indicador valora el porcentaje de eficiencia del tiempo que le toma a un técnico la llegada o arribo a un accesorio.

En la Ecuación 3 se describe el cálculo a considerar en este indicador.

$$ETAA(c) = \begin{cases} c \leq 1, & 100\% \\ 2 \leq c < 1, & -100c + 200 \\ c \geq 2, & 0\% \end{cases}$$

**Ecuación 3 : Eficiencia en el tiempo de arribo a un accesorio**  
Fuente: Autor

En donde:

$$c = \frac{TAA}{TAC}$$

**Ecuación 4: Factor de eficiencia**  
Fuente: Autor

En donde :

$c$  = Es el factor que permite evaluar el tiempo que le toma a un técnico la llegada a un accesorio, respecto al tiempo de arribo calculado.

TAA= Tiempo en minutos que le toma a un técnico el arribo o llegada hasta un accesorio.



$$TAC = \frac{d}{f(p)}$$

**Ecuación 5: Tiempo de arribo calculado**

Fuente: Autor

En donde :

$TAC$  = Tiempo de arribo calculado a un accesorio.

$d$  = Es la distancia en metros que existe entre la localización de un accesorio de agua y la localización de un técnico.

$$f(p) = 0.37 \ln(p) + 0.05$$

**Ecuación 6: Velocidad Promedio de caminata**

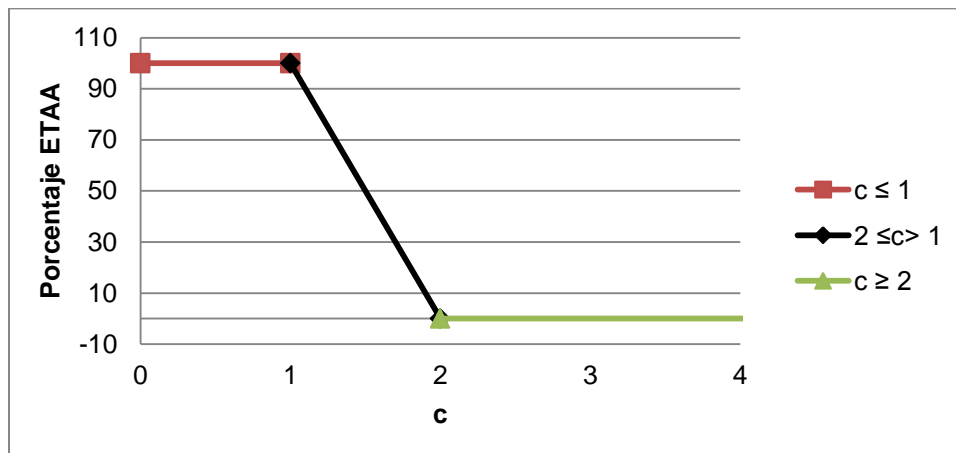
Fuente: [22]

En donde :

$f(p)$  = Es la velocidad promedio al caminar en función de la población de una ciudad [22]

$p$  = Es la población total, que para la ciudad de Azogues corresponde a 70.064 habitantes [23].

**Valoración:** Se considera una ETAA del 100% si el factor  $c$  determina que el tiempo utilizado para llegar a un accesorio con respecto al tiempo calculado es igual o menor al 1. La valoración decrece linealmente hasta 0% cuando en  $c$  está entre 1 y 2, si el valor de  $c$  es mayor a 2, la eficiencia es igual a cero.



**Figura 6: Eficiencia en el Tiempo de Arribo a un Accesorio**

Fuente: Autor



#### **4.2.4 Recolección de datos**

En esta sección, se describe la elaboración del instrumento de recolección de datos que servirá para recoger el comportamiento de los técnicos al momento de localización de un accesorio, para luego con esta información generar los porcentajes de eficiencia y eficacia creados en este modelo.

Recolectar los datos implica tres actividades estrechamente vinculadas entre sí: primero seleccionar un instrumento o método de recolección, segundo aplicar ese instrumento o método para recolectar datos y por último preparar observaciones.[24]

#### **4.2.5 Enfoque**

Para recolectar datos se dispone de una gran variedad de instrumentos o técnicas, vistas desde un enfoque cuantitativo y cualitativo. En el enfoque de los estudios cualitativos, el procedimiento usual es aplicar un instrumento o método de recolección de datos, cuya esencia sea también cualitativa; mientras que un estudio cuantitativo casi siempre se utiliza un instrumento que mida las variables de interés.[24]

En el método de medición de la eficiencia y eficacia planteada en este capítulo, en la sección 4.2.1 se definen las variables de interés para lograr las mediciones, por tanto el instrumento de recolección de datos tiene un enfoque cuantitativo.

#### **4.2.6 Instrumento de medición cuantitativo**

Cuando requerimos utilizar un instrumento de medición desde un enfoque cuantitativo en una investigación hay dos opciones al respecto. La primera opción es elegir un instrumento creado, y la segunda es construirlo de acuerdo con la técnica apropiada. [24]

Se opta por la creación de un instrumento de medición cuantitativo que considere todas las variables descritas en la Tabla 2.

[24] sugiere que para construir un instrumento de medición seguir el siguiente proceso:

- a) Listar las variables que se pretenden medir u observar.





- b) Revisar su definición conceptual y comprender su significado.
- c) Para construir o desarrollar un instrumento propio, es necesario pensar en cada variable y sus dimensiones, así como en indicadores precisos e ítems para cada dimensión.

Para seguir el procedimiento de construcción de un instrumento de medición en este modelo de evaluación de eficiencia y eficacia, los literas a y b están definidos y explicados en la sección 4.2.1 en la Tabla 2 de este capítulo.

La Tabla 3 muestra el resultado final del instrumento a utilizar para la recolección de datos, considerando cada variable y sus dimensiones, así como los ítems para cada dimensión.

#### **4.2.7 Observación Cuantitativa**

“La observación consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamiento o conducta manifiestos.”[24] Cuando se realizan las observaciones se puede obtener los datos de dos maneras: interactuando con el observado y codificando los resultados, o simplemente codificando sin ningún tipo de interacción.

Para determinar la eficiencia y la eficacia en la localización de un accesorio, se necesita observar y codificar el comportamiento de los técnicos al momento de realizar el proceso de localización, por tanto es necesario interactuar con el técnico, con esta premisa el técnico realiza su actividad en el proceso de localización, y la ficha de observación es codificada por una persona que conozca el proceso de recolección con el instrumento de medición creado en la sección 4.2.6 de este capítulo.

#### **4.3 Metodología del modelo**

Con el fin de llevar a cabo la medición de la eficiencia y eficacia en la localización de un accesorio, en esta sección se establece la metodología a seguir para determinar las mediciones y porcentajes de eficiencia y eficacia planteadas en este trabajo de tesis y se describen a continuación:



1. Crear un ambiente o escenario en el que se realice una simulación, que permita la localización de un accesorio y la recolección de información de este proceso.
2. Levantamiento de información en campo con los técnicos de la EMAPAL-EP.
3. Crear una base estadística de los resultados para su análisis.
4. Correr el modelo de medición de la eficiencia y eficacia con la información recogida en las fichas de observación y determinar los porcentajes de cada indicador y por cada uno de los accesorios.



### FICHA DE OBSERVACIÓN

	INTENTO 1				INTENTO 2				INTENTO 3				INTENTO 4				INTENTO 5			
	Acierto	Error	TIA (min)	TAA (min)	Acierto	Error	TIA (min)	TAA (min)	Acierto	Error	TIA (min)	TAA (min)	Acierto	Error	TIA (min)	TAA (min)	Acierto	Error	TIA (min)	TAV(s)
<b>Accesorio</b>																				

**NOMBRE DEL TÉCNICO**.....

**Tabla 3: Instrumento de evaluación**

Fuente: (Autor)



## Capítulo 5. Pruebas y Resultados

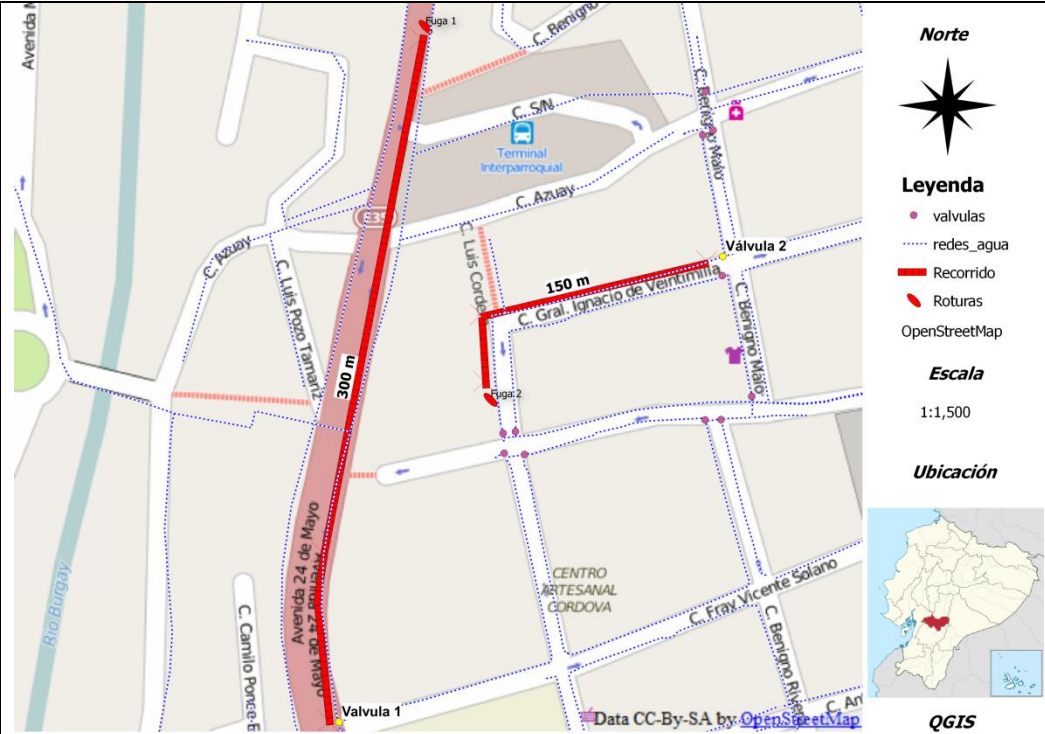
En este capítulo se muestran las pruebas y los resultados que se generaron en la aplicación del modelo planteado en el capítulo 4, siguiendo la metodología de la sección 4.3; uno de los objetivos de este trabajo de tesis es determinar la eficiencia y la eficacia del proceso manual frente al proceso de RA en la localización de un accesorio, por lo que se presentara las pruebas y resultados con los dos procesos de localización.

### 5.1 Escenario de simulación y Pruebas

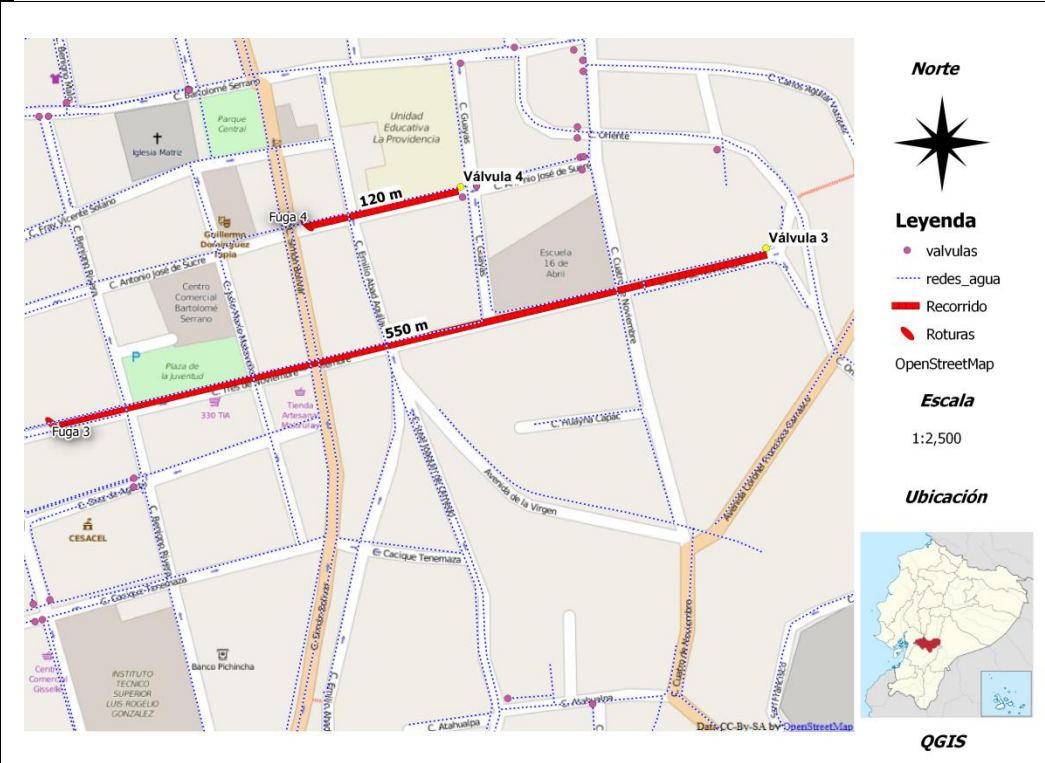
Para realizar las pruebas sobre el modelo de medición de la eficiencia y eficacia en la localización de un accesorio, en esta sección se muestra un escenario apropiado para simular y generar datos que sirvan para utilizar el modelo creado en el anterior capítulo, y se describe a continuación:

En la ciudad de Azogues se producen 4 roturas en la red de distribución de agua potable, para solucionar este problema se necesita localizar y operar 4 accesorios o válvulas de cierre; estas válvulas permiten detener el flujo de agua que nace por las fugas. En este ambiente de simulación se propone realizar el proceso de localización de dos maneras: primero de forma manual con las válvulas 1 y 2; y segundo con el proceso de RA con las válvulas 3 y 4

En la Figura 7, se muestra un mapa del escenario a considerar en las pruebas y mediciones de localización con el proceso manual, por su parte en la Figura 8 se muestra el escenario para realizar las pruebas y mediciones con el proceso de localización con RA. En la Figura 7 y Figura 8, para identificar la fuga se utiliza un símbolo ovalado de color rojo, y para identificar las válvulas de cierre un símbolo cuadrado en color vino tinto, las redes de distribución de agua en una línea entrecortada de color azul y por último el recorrido desde la rotura hasta la válvula con un línea roja entrecortada.



**Figura 7:**  
**Escenario de simulación**  
**Proceso Manual**  
Fuente: Autor



**Figura 8:**  
**Escenario de simulación RA**  
Fuente: Autor



### **5.1.1 Localización de las válvulas**

En esta sección se describe la ubicación geográfica de cada válvula y la fuga que controla.

#### **Válvula 1**

La válvula 1, se encuentra en el centro de la ciudad de Azogues en las coordenadas longitud  $-78.849341957$ , y latitud  $-2.73921623058$ , y la fuga se localiza a unos 300 metros en las coordenadas de longitud  $-78.8490292885$ , y latitud  $-2.73653678029$ .

#### **Válvula 2**

La válvula 2, se encuentra en el sur oeste de la ciudad de Azogues con coordenadas de longitud  $-78.8478854759$ , y latitud  $-2.73741541835$ , y la fuga se localiza a unos 150 metros, en las coordenadas de longitud  $78.8487601561$ , y latitud  $-2.73797743008$ .

Como se mencionó en la sección 5.1 de este capítulo, la válvula 1 y 2, serán evaluadas con el proceso manual mientras que la válvula 3 y 4 con el proceso de RA, la ubicación geográfica de las válvulas 3 y 4 se describen a continuación.

#### **Válvula 3**

La válvula 3, se encuentra en el noroeste de la ciudad de Azogues con coordenadas de longitud  $-78.8432191954$ , y latitud  $-2.73890356208$ , y la fuga se localiza a unos 550 metros, en las coordenadas de longitud  $-78.8478538133$ , y latitud  $-2.74005133252$ .

#### **Válvula 4**

La válvula 4 se encuentra al noroeste de la ciudad de Azogues con coordenadas de longitud  $-78.8432231532$ , y latitud  $-2.73889564643$ , y la fuga se localiza a unos 100 metros, en las coordenadas de longitud  $-78.8478736024$  y latitud  $-2.74005529035$ .



## 5.2 Levantamiento de información

La metodología del modelo de medición para la eficiencia y eficacia, propone que después de establecer un escenario de simulación, se realice el levantamiento de datos utilizando la ficha de observación creado en la sección 4.2.6 de este trabajo de tesis.

El levantamiento de información se realizó con los 6 técnicos que operan y manejan la red de distribución de agua potable de Azogues, con cada uno de ellos se realizó el proceso manual de localización y el proceso con RA, en total se realizaron 24 pruebas, 12 con el proceso manual entre la válvula 1 y válvula 2; y 12 con el proceso de RA entre la válvula 3 y la válvula 4 como se muestra en la Tabla 4.

	Número pruebas proceso manual		Total	Número de pruebas proceso RA		Total
	Válvula 1	Válvula 2		Válvula 3	Válvula 4	
Técnico 1	1	1	2	1	1	2
Técnico 2	1	1	2	1	1	2
Técnico 3	1	1	2	1	1	2
Técnico 4	1	1	2	1	1	2
Técnico 5	1	1	2	1	1	2
Técnico 6	1	1	2	1	1	2
Total pruebas proceso manual:			12	Total pruebas RA:		12

Tabla 4: Pruebas realizadas en la localización de accesorios

Fuente: Autor

En el Anexo 1 se muestran las fichas de observación obtenidas en campo de los 6 técnicos observados.

## 5.3 Estadística descriptiva

### Definición:

***“La estadística descriptiva se compone de aquellos métodos que incluyen técnicas para recolectar, presentar, analizar e interpretar datos.”[25]***

Una vez obtenido los datos, la metodología de medición de la eficiencia y eficacia propone sentar una base estadística de los resultados, por lo que el objetivo de



esta sección es analizar y representar el comportamiento que se obtuvo en la localización de los accesorios tanto en el proceso manual como con el proceso de RA.

A continuación se presenta el resumen de los datos obtenidos con el proceso manual, en la localización de la válvula 1 y válvula 2.

**Válvula 1:** En la Tabla 5 y Figura 9, se muestra un resumen estadístico que muestra un (histograma de frecuencias) que se interpreta de la siguiente manera. La Tabla 5 muestra que 1 técnico no localiza la válvula 1; 3 técnicos lo hacen al primer intento; 1 técnico al tercer y al quinto intento; en la

Figura 9 se muestra de manera gráfica que el 83.33 % de los técnicos localizo la válvula 1 en menos de seis intentos.

Número de intentos para llegar a la válvula 1	Total de Técnicos	% acumulado
No localiza la válvula	1	16.67%
intento 1	3	66.67%
intento 2	0	66.67%
intento 3	1	83.33%
intento 4	0	83.33%
intento 5	1	100.00%
y mayor...	0	100.00%

Tabla 5: Frecuencia de intentos en la válvula 1  
Fuente: Autor

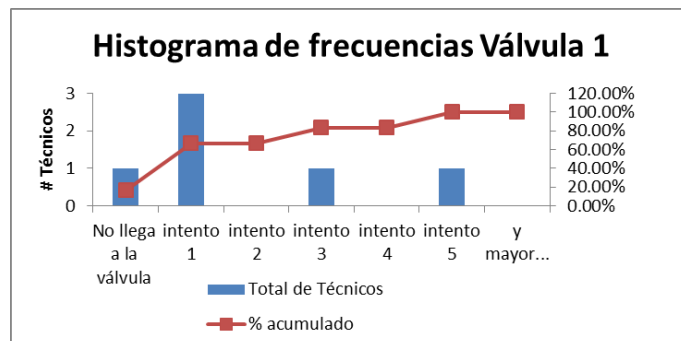


Figura 9: Histograma de frecuencias válvula 1  
Fuente: Autor

**Válvula 2:** En la Tabla 6, se muestra que en la localización en la válvula 2; 5 de los 6 técnicos identifican la válvula al primer intento, y un técnico al intento 4, además en la Figura 10 se muestra de manera gráfica que el 83.33% de los técnicos identifican la válvula 2 al primer intento.





Número de intentos para llegar a la válvula 2	Total de Técnicos	% acumulado
No llega a la válvula	0	0.00%
intento 1	5	83.33%
intento 2	0	83.33%
intento 3	0	83.33%
intento 4	1	100.00%
intento 5	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

Tabla 6: Frecuencia de intentos en la válvula 2  
Fuente: Autor.

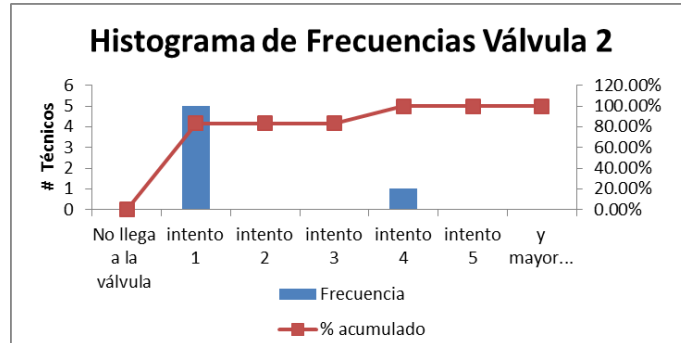


Figura 10: Histograma de frecuencias válvula 2  
Fuente: Autor

A continuación, se presenta el resumen de los resultados obtenidos con el proceso de localización con RA en las válvulas 3 y 4.

**Válvula 3:** En la Tabla 7, se muestra que 5 de los 6 técnicos identifican la válvula 3 con el proceso de RA y 1 en el segundo intento, además se muestra de manera gráfica en la Figura 11, que el 100% de los técnicos identificaron la válvula 3 en menos de 3 intentos.

Número de intentos para llegar a la válvula 3	Total de Técnicos	% acumulado
No llega a la válvula	0	0.00%
intento 1	5	83.33%
intento 2	1	100.00%
intento 3	0	100.00%
intento 4	0	100.00%
intento 5	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%

Tabla 7: Frecuencia de intentos en la válvula 3  
Fuente: Autor

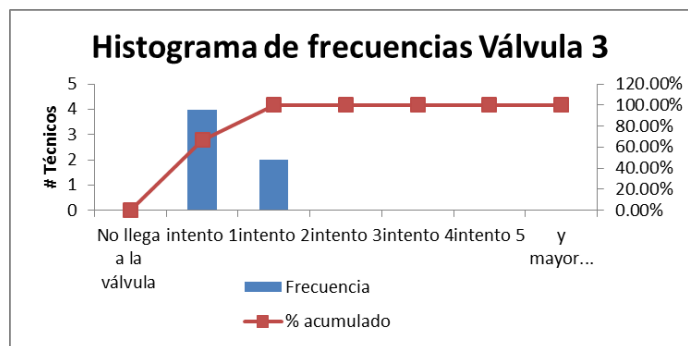
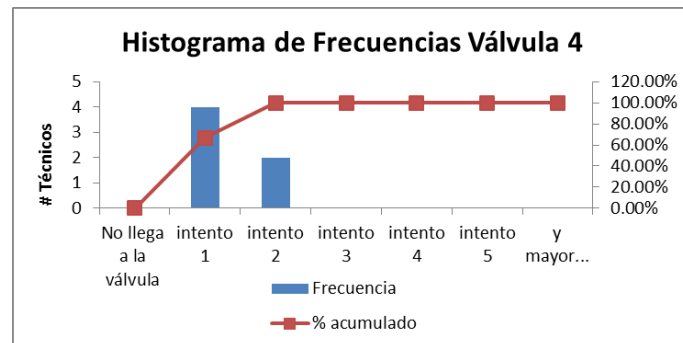


Figura 11: Histograma de frecuencias válvula 3  
Fuente: Autor



**Válvula 4:** En la Tabla 8 se muestra que 4 de los 6 técnicos identifican la válvula 4 al primer intento y 2 al segundo intento, además se muestra de manera gráfica en la Figura 12, que el 100% de los técnicos identificaron la válvula 4 en menos de 3 intentos.

Número de intentos para llegar a la válvula 4	Total de Técnicos	% acumulado
No llega a la válvula	0	0.00%
intento 1	4	66.67%
intento 2	2	100.00%
intento 3	0	100.00%
intento 4	0	100.00%
intento 5	0	100.00%
y mayor...	0	100.00%



**Tabla 8:** Frecuencia de intentos en la válvula 4

Fuente: Autor

**Figura 12:** Histograma de frecuencias válvula 4

Fuente: Autor

Además de las estadísticas sobre el número de intentos que a un técnico le toma el llegar a una válvula, a continuación en la

Tabla 9 se muestra el tiempo en minutos que les tomó a los técnicos en arribar o llegar a una válvula (TAV) y el promedio de llegada por cada válvula tanto con el proceso de localización manual como el de RA.

TÉCNICOS	PROCESO MANUAL		PROCESO RA	
	VÁLVULA 1	VÁLVULA 2	VÁLVULA 3	VÁLVULA 4
	TAV (min)	TAV (min)	TAV (min)	TAV (min)
TECNICO 1	No localiza válvula	8.5	4.5	11.3
TECNICO 2	5	14	3	4
TECNICO 3	2.2	4.8	5.2	15.2
TECNICO 4	8	20	2	3
TECNICO 5	5.2	3.2	20	18
TECNICO 6	45	4.3	2.5	3.2
<b>Promedio</b>	<b>13.08</b>	<b>9.26</b>	<b>6.54</b>	<b>8.68</b>

**Tabla 9:** Tiempo de arribo a una válvula

Fuente: Autor



## 5.4 Resultados de la medición

El objetivo de esta sección es correr el modelo de medición para determinar la eficiencia y eficacia en la localización de cuatro válvulas de agua potable. Con la información recogida en la sección anterior determinar los porcentajes de eficiencia y eficacia de cada uno de los técnicos al momento de localizar una válvula de agua potable, esto para los dos procesos de localización planteados en este trabajo de tesis.

A continuación, se generan los porcentajes de los indicadores de eficacia y eficiencia de las pruebas.

### 5.4.1 Eficacia

En el capítulo 4, en la sección 4.2.2, se define que ser eficaz en la localización de un accesorio es llegar al accesorio deseado sin importar el número de intentos requeridos para lograrlo. A continuación en la

Tabla 10 y Tabla 11 se muestra los porcentajes de eficacia obtenidos por cada técnico en la localización de la válvula 1 y válvula 2 que se realizó con el proceso de localización manual, además del resultado con el proceso de RA en la válvula 3 y válvula 4, que se muestra en la Tabla 12 y Tabla 13.

Técnico de Operación y Mantenimiento	PROCESO MANUAL	
	Acierto	EFICACIA (%)
Técnico 1	0	0%
Técnico 2	1	100%
Técnico 3	1	100%
Técnico 4	1	100%
Técnico 5	1	100%
Técnico 6	1	100%
<b>PROMEDIO EFICACIA VÁLVULA 1</b>		<b>83.33%</b>

Tabla 10: Eficacia válvula 1  
Fuente: Autor

Técnico de Operación y Mantenimiento	PROCESO MANUAL	
	Acierto	EFICACIA (%)
Técnico 1	1	100%
Técnico 2	1	100%
Técnico 3	1	100%
Técnico 4	1	100%
Técnico 5	1	100%
Técnico 6	1	100%
<b>PROMEDIO EFICACIA VÁLVULA 2</b>		<b>100.00%</b>

Tabla 11: Eficacia válvula 2  
Fuente: Autor



Técnico de Operación y Mantenimiento	PROCESO RA	
	Acierto	EFICACIA (%)
Técnico 1	1	100%
Técnico 2	1	100%
Técnico 3	1	100%
Técnico 4	1	100%
Técnico 5	1	100%
Técnico 6	2	100%
<b>PROMEDIO EFICACIA VÁLVULA 3 100.00%</b>		

Tabla 12: Eficacia válvula 3  
Fuente: Autor

Técnico de Operación y Mantenimiento	PROCESO RA	
	Acierto	EFICACIA (%)
Técnico 1	1	100%
Técnico 2	1	100%
Técnico 3	1	100%
Técnico 4	1	100%
Técnico 5	1	100%
Técnico 6	1	100%
<b>PROMEDIO EFICACIA VÁLVULA 4 100.00%</b>		

Tabla 13: Eficacia válvula 4  
Fuente: Autor

## 5.4.2 Eficiencia

Para determinar los niveles de eficiencia en la localización de un accesorio, en el capítulo 4, sección 4.2.3; se propone medir la eficiencia de dos maneras: primero en el número de intentos para localizar un accesorio ENI; y segundo la eficiencia en el tiempo de arribo a un accesorio ETAA.

A continuación se muestra los resultados obtenidos para el indicador de ENI para localizar un accesorio "Válvula".

### 5.4.2.1 Resultado ENI

Para mostrar los resultados de la ENI, en cada válvula evaluada se muestra una tabla y una figura; para ejemplarizar, en la Tabla 14, se muestran los resultados de ENI para la válvula 1; y en la Figura 13, se muestra un gráfico del porcentaje obtenido y donde se encuentra la ENI para la válvula 1. La presentación de resultados se replica de la misma manera para las 4 válvulas evaluadas.

Las tablas muestran las variables utilizadas en el cálculo para determinar la ENI, definidas en la sección 4.2.3.1 del capítulo 4, esto por cada uno de los técnicos; además el resultado del indicador aplicando la Ecuación 2. Al final se muestra un promedio de ENI del accesorio evaluado.



Las pruebas se realizan con cuatro válvulas y por cada uno de los seis técnicos de la EMAPAL-EP. En la Tabla 14 y Tabla 15 se muestra la ENI con el procedimiento de localización manual, además los resultados para el proceso de localización con RA se muestran en la Tabla 16 y Tabla 17.

TÉCNICOS	PROCESO MANUAL	
	VALVULA 1	
	NI	ENI (%)
TECNICO 1	9	0.0
TECNICO 2	1	100.0
TECNICO 3	1	100.0
TECNICO 4	3	50.0
TECNICO 5	1	100.0
TECNICO 6	5	0.0
<b>Promedio ENI</b>		<b>58.33%</b>

Tabla 14: Eficiencia Número de intentos válvula 1  
Fuente: Autor

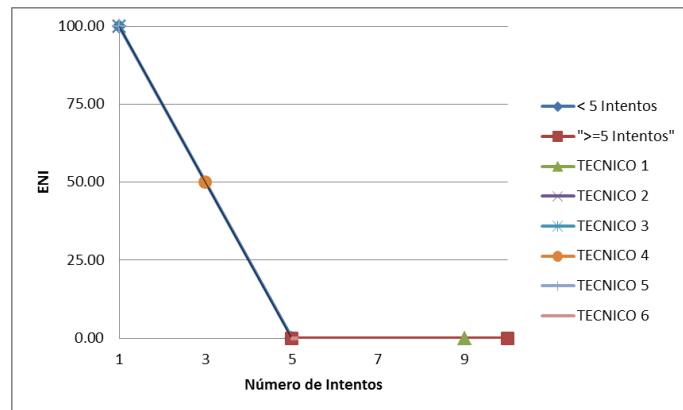


Figura 13: Porcentaje de eficiencia según el número de intentos válvula 1  
Fuente: Autor

TÉCNICOS	PROCESO MANUAL	
	VALVULA 2	
	NI	ENI (%)
TECNICO 1	4	25.0
TECNICO 2	1	100.0
TECNICO 3	1	100.0
TECNICO 4	1	100.0
TECNICO 5	1	100.0
TECNICO 6	1	100.0
<b>Promedio ENI</b>		<b>87.50%</b>

Tabla 15: Eficiencia Número de intentos válvula 2  
Fuente: Autor

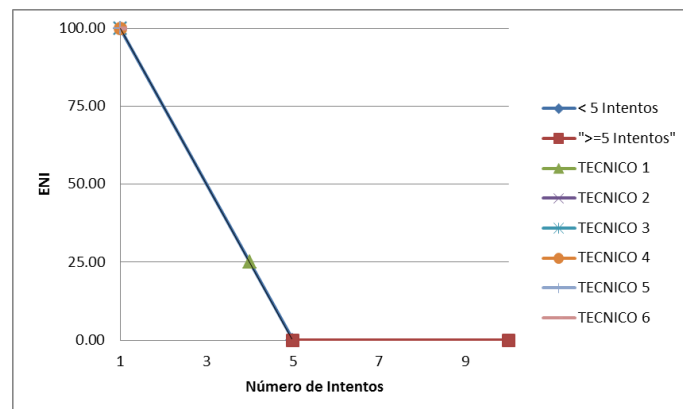
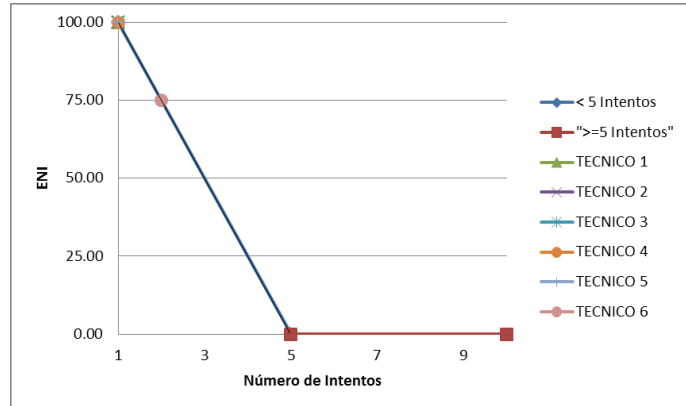


Figura 14: Porcentaje de eficiencia según el número de intentos válvula 2  
Fuente: Autor



TÉCNICOS	PROCESO RA	
	VALVULA 3	
	NI	ENI (%)
TECNICO 1	1	100.0
TECNICO 2	1	100.0
TECNICO 3	1	100.0
TECNICO 4	1	100.0
TECNICO 5	1	100.0
TECNICO 6	2	75.0
<b>Promedio ENI</b>		<b>95.83%</b>

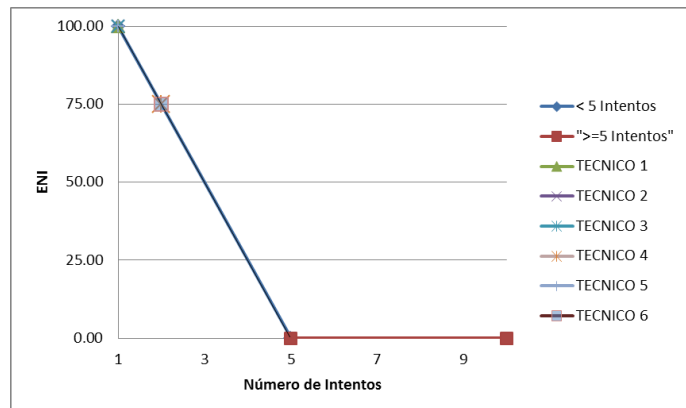
**Tabla 16: Eficiencia Número de intentos válvula 3**  
Fuente: Autor



**Figura 15: Porcentaje de eficiencia según el número de intentos válvula 3**  
Fuente: Autor

TÉCNICOS	PROCESO RA	
	VALVULA 4	
	NI	ENI (%)
TECNICO 1	1	100.0
TECNICO 2	1	100.0
TECNICO 3	1	100.0
TECNICO 4	2	75.0
TECNICO 5	1	100.0
TECNICO 6	2	75.0
<b>Promedio ENI</b>		<b>91.67%</b>

**Tabla 17: Eficiencia Número de intentos válvula 4**  
Fuente: Autor



**Figura 16: Porcentaje de eficiencia según el número de intentos válvula 4**  
Fuente: Autor

A continuación se presentan los resultados para la eficiencia en el tiempo de arribo a un accesorio ETAA.



#### 5.4.2.2 Resultado ETAA

Al igual que en la sección anterior, los resultados de la ETAA se muestran en una tabla y en un gráfico para cada una de las 4 válvulas evaluadas.

Para el cómputo de este indicador, es necesario considerar el Tiempo de Arribo Calculado (TAC), que es igual a la distancia a recorrer (d), dividido para la velocidad promedio de caminata  $f(p)$ , en la Tabla 18 se muestra el resultado de esta variable para cada válvula.

	d (metros)	p (población Azogues)	$f(p)$ [Ecuación 6] (metros/minutos)	TAC [Ecuación 5] (minutos)
<b>válvula 1</b>	300	70064	74	4
<b>válvula 2</b>	150	70064	74	2
<b>válvula 3</b>	550	70064	74	7
<b>válvula 4</b>	120	70064	74	2

**Tabla 18: Tiempo de arribo calculado por válvula**  
Fuente: Autor

Una vez obtenido el tiempo de arribo calculado TAC, se puede determinar el factor de eficiencia  $c$  (Ecuación 4) que permite determina la ETAA. En la Tabla 19 se muestra el resultado de las ecuaciones para la válvula 1, además en la Figura 17 se muestra de manera gráfica el porcentaje de ETAA por cada técnico evaluado; Este proceso se replica para la válvula 2,3 y 4; Los resultados del proceso manual de localización se muestran en la (Tabla 20 y Figura 18); el proceso con RA aumentada se muestran en (Tabla 21, Figura 19) y (Tabla 22, Figura 20) respectivamente.



TÉCNICOS	PROCESO MANUAL			
	VALVULA 1			
	NI	TAA (min)	c	ETAA (%)
TECNICO 1	9	45	11.3	0.0
TECNICO 2	1	5	1.3	75.0
TECNICO 3	1	2.1	0.5	100
TECNICO 4	3	8	2.0	0.0
TECNICO 5	1	5.2	1.3	70.0
TECNICO 6	5	45	11.3	0.0
<b>Promedio ETAV</b>				<b>40.83 %</b>

Tabla 19: Eficiencia tiempo de arribo a la válvula 1  
Fuente: Autor

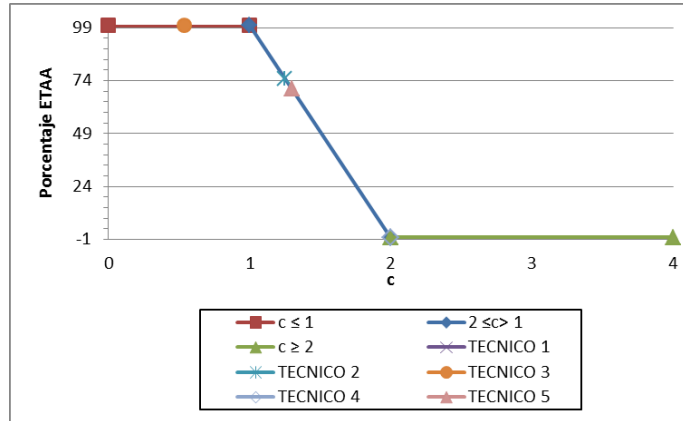


Figura 17: Porcentaje de eficiencia en el tiempo de arribo a la válvula 1  
Fuente: Autor

TÉCNICOS	PROCESO MANUAL			
	VALVULA 2			
	NI	TAA (min)	c	ETAA (%)
TECNICO 1	4	8.5	4.3	0.0
TECNICO 2	1	14	7.0	0.0
TECNICO 3	1	4.8	2.4	0.0
TECNICO 4	1	20	10.0	0.0
TECNICO 5	1	3.2	1.6	40.0
TECNICO 6	1	4.3	2.2	0.0
<b>Promedio ETAV</b>				<b>6.67 %</b>

Tabla 20: Eficiencia tiempo de arribo a la válvula 2  
Fuente: Autor

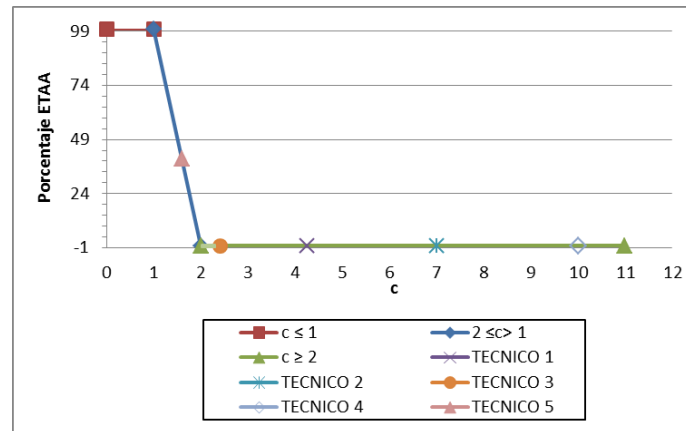


Figura 18: Porcentaje de eficiencia en el tiempo de arribo a la válvula 2  
Fuente: Autor





TÉCNICOS	PROCESO RA			
	VALVULA 3			
	NI	TAA (min)	c	ETAA (%)
TECNICO 1	1	4.5	0.6	100.0
TECNICO 2	1	3	0.4	100.0
TECNICO 3	1	5.2	0.7	100.0
TECNICO 4	1	2	0.3	100.0
TECNICO 5	1	20	2.9	0.0
TECNICO 6	2	2.5	0.4	100.0
<b>Promedio ETAV</b>				<b>83.33 %</b>

Tabla 21: Eficiencia tiempo de arribo a la válvula 3  
Fuente: Autor

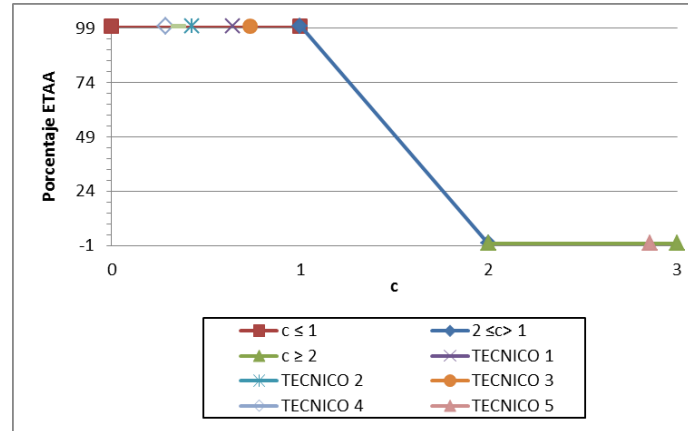


Figura 19: Porcentaje de eficiencia en el tiempo de arribo a la válvula 3  
Fuente: Autor

TÉCNICOS	PROCESO RA			
	VALVULA 4			
	NI	TAA (min)	c	ETAA (%)
TECNICO 1	1	11.3	5.6	0.0
TECNICO 2	1	4	2.0	0.0
TECNICO 3	1	15.1	7.6	0.0
TECNICO 4	2	3	1.5	50.0
TECNICO 5	1	18	9.0	0.0
TECNICO 6	2	3.1	1.6	45.0
<b>Promedio ETAV</b>				<b>15.83 %</b>

Tabla 22: Eficiencia tiempo de arribo a la válvula 4  
Fuente: Autor

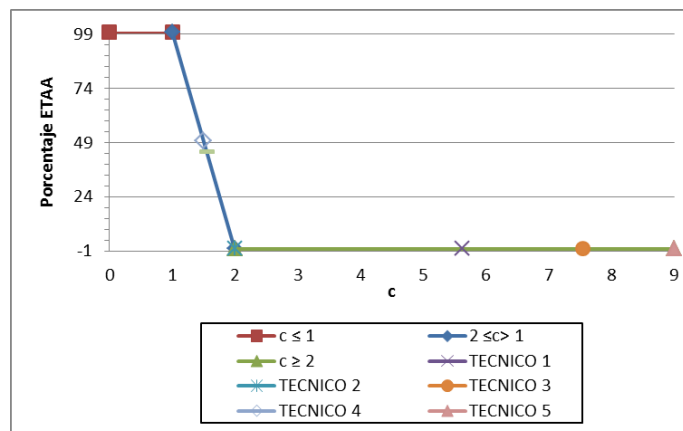


Figura 20: Porcentaje de eficiencia en el tiempo de arribo a la válvula 4  
Fuente: Autor



### 5.4.3 Resumen de Resultados

En esta sección, se muestra un resumen de los porcentajes obtenidos por cada indicador y por cada válvula evaluada, tanto para el proceso manual como el proceso de RA, además se muestra el promedio de los datos obtenidos como se muestra en la Tabla 23.

Indicador	Proceso Manual		Promedio Proceso Manual	Proceso RA		Promedio RA
	Válvula 1	Válvula 2		Válvula 3	Válvula 4	
EFICACIA	83.33%	100%	<b>92%</b>	100%	100%	<b>100.00</b>
ENI	58.33%	44.17%	<b>51%</b>	87.50%	58.81%	<b>73.00</b>
ETAA	40.83%	6.67%	<b>24%</b>	83.33%	15.83%	<b>50.00</b>

Tabla 23: Resumen de Resultados

Fuente: Autor

A continuación en la Figura 21, se muestra una gráfica de los valores óptimos, versus el proceso manual y de RA. En color azul se muestra un triángulo de los valores máximos que se puede obtener en cada indicador. Para representar los valores con el proceso manual, se muestra un triángulo en color rojo, y el proceso de RA en color verde, mientras más se acerquen al triángulo azul, significa que más valoración se obtuvo en los indicadores.

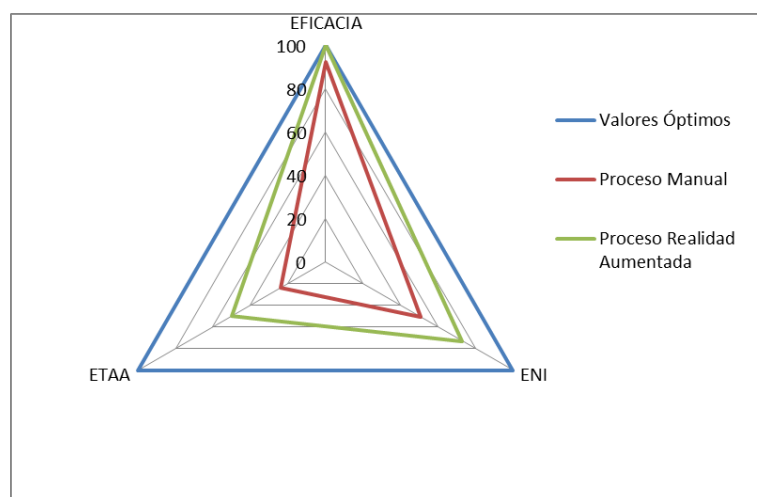


Figura 21: Valores Óptimos vs Proceso Manual y RA

Fuente: Autor



#### 5.4.4 Análisis de resultados

Con respecto a los resultados del estudio se visualiza que la localización de un accesorio de agua con el proceso RA tiene eficacia en un 100%; mientras que, el proceso manual obtiene el 92%, por lo tanto, existe una diferencia del 8%, que permite afirmar la mayor bondad del primero.

Por otro lado, en el indicador de ENI, se observa un 22% de ventaja del proceso de RA frente al proceso manual, esto significa que en promedio, al proceso manual le costó 1.22 veces más localizar una válvula que con el proceso de RA.

Por último, el indicador de ETAA, muestra que el tiempo para arribar a un accesorio con el proceso de RA, en promedio, es del doble de tiempo que se calcula para llegar, y que con el proceso manual es más de 10 veces el calculado.

Por último, se calcula un tiempo estimado de llegada a un accesorio de agua (TAC), con el proceso de RA, el tiempo de llegada es un 50% más que TAC, es decir, el doble; a diferencia del proceso manual que es diez veces más que TAC, porcentaje muy significativo de ventaja de la propuesta RA.



## Capítulo 6. Conclusiones y recomendaciones

### Conclusiones.

- La tecnología Wikitude, es la más apropiada en la creación del prototipo que se propuso en los objetivos de esta tesis, mismo que se construyó implementando la metodología de prototipos de software.
- Se crea un prototipo de aplicación móvil, que utiliza RA, geolocalización y generación de rutas, para la localización de accesorios de agua potable.
- El modelo construido para EMAPAL-EP demuestra que la medición de la eficiencia y eficacia se aplica en el proceso de localización de accesorios de agua, llevada a cabo por los técnicos de la empresa.
- En la aplicación del prototipo de RA, se realizan pruebas de localización y navegación a un accesorio; fundamentadas, en la comparación de dos válvulas con el proceso de localización manual; y dos, con el prototipo creado, cuyo resultado objetivo es que este último es más eficaz y eficiente. Sin embargo, no se puede soslayar que el número de pruebas llevadas a cabo pueden ser insuficientes para afirmar categóricamente la hipótesis.



## Recomendaciones

- El rango de error de un GPS puede variar de los 2 a 15 metros; esto provoca dificultades al momento de ubicar un accesorio de agua potable, se recomienda la utilización de nuevas técnicas para obtener posicionamiento geográfico de precisión; esto se podría lograr utilizando el protocolo de internet para transmisión diferencial NTRIP<sup>31</sup>, o también implementando la tecnología de seguimiento 3D SLAM<sup>32</sup> fusionando con el análisis de grandes cantidades de información Big Data<sup>33</sup>.
- La metodología planteada para la medición de la eficiencia y eficacia se realizó con todos los técnicos que manejan y operan el sistema de agua potable de la ciudad de Azogues, y con cada uno de ellos se pudo realizar un trabajo de campo con cuatro válvulas de agua. Las pruebas realizadas fueron pocas, esto debido al tiempo asignado a los técnicos por parte de las autoridades de la institución, por lo que se recomienda ampliar el trabajo de campo a un mayor número de accesorios y sectores, esto con el objetivo de responder la siguiente pregunta. ¿Qué proceso de localización es más eficaz y eficiente el manual o el de RA?
- Para generar una ruta óptima a un destino elegido, el prototipo de realidad aumentada implementa un (servicio web de google maps)<sup>34</sup>; este servicio requiere que el dispositivo móvil disponga de acceso a internet para su funcionamiento. Además muchos accesorios de agua potable de la empresa EMAPAL-EP están ubicadas en sectores donde no existe cartografía en google maps, por lo que no se puede generar una ruta de llegada, se recomienda implementar otros servicios como el de (Open Street Maps)<sup>35</sup>.
- Para que el Sistema de Navegación con RA funcione en un dispositivo móvil, se recomienda que el dispositivo incluya los siguientes componentes: acelerómetro, GPS, cámara, y compás

<sup>31</sup> NTRIP: Posicionamiento en tiempo real mediante el protocolo de internet IP

<sup>32</sup> SLAM: del Inglés Simultaneous Localization And Mapping, o en español: Localización Y Mapeado Simultáneos.

<sup>33</sup> <http://searchcloudcomputing.techtarget.com/definition/big-data-Big-Data>

<sup>34</sup> <https://developers.google.com/maps/documentation/webservices/>

<sup>35</sup> <https://www.openstreetmap.org>



## Bibliografía

- [1] "EMAPAL Aceca de." [Online]. Available: <http://www.emapal.gob.ec/>. [Accessed: 16-Sep-2014].
- [2] "EMAPAL Informe Gestion." [Online]. Available: [http://www.emapal.gob.ec/index.php?option=com\\_docman&Itemid=111](http://www.emapal.gob.ec/index.php?option=com_docman&Itemid=111). [Accessed: 16-Sep-2014].
- [3] R. T. Azuma, "A Survey of Augmented Reality," vol. 4, no. August, pp. 355–385, 1997.
- [4] H. Tobias H and F. Steven K, "Mobile Augmented Reality," in *Telegeoinformatics*, Taylor & Francis, 2004, p. 39.
- [5] T. Gabo Mullen, "Prototyping Augmented Reality," in *Prototyping Augmented Reality*, Hoboken, NJ, USA: Sybex, 2011, pp. 21–28.
- [6] S. Blaster, *Android Games*. 2010, p. 300.
- [7] G. Takacs, V. Chandrasekhar, N. Gelfand, Y. Xiong, W.-C. Chen, T. Bismpiagiannis, R. Grzeszczuk, K. Pulli, and B. Girod, "Outdoors augmented reality on mobile phone using loxel-based visual feature organization," *MIR '08 Proceeding 1st ACM Int. Conf. Multimed. Inf. Retr.*, pp. 427–434, 2008.
- [8] O. G. C. A. Swg and A. Swg, "OGC Augmented Reality Markup Language 2.0 (ARML 2.0)," M. Lencher, Ed. 2014.
- [9] J. Jeon, S. Kim, and S. Lee, "Considerations of Generic Framework for AR on the Web," *W3C AR on the Web Workshop*, [http://www.w3.org/2010/06/w3car/generic\\_framework.pdf](http://www.w3.org/2010/06/w3car/generic_framework.pdf). 2010.
- [10] A. Yeh and C. Nee, *AUGMENTED REALITY – SOME EMERGING APPLICATION AREAS*. 2001.
- [11] R. Bellessort and Y. Fablet, "Integrating Augmented Reality in the Web," pp. 2–4, 2010.
- [12] R. Paucher and M. Turk, "Location-based augmented reality on mobile phones," *2010 IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. - Work.*, pp. 9–16, Jun. 2010.



- [13] G. Percivall, "INCREASING MARKET OPPORTUNITIES FOR AUGMENTED REALITY THROUGH COLLABORATIVE DEVELOPMENT OF OPEN STANDARDS," no. October 2002, 2011.
- [14] L. Madden, *Professional Augmented Reality Browsers for Smartphones: Programming for junaio, Layar and Wikitude*. 2011.
- [15] D. Kalkofen, C. Sandor, S. White, and D. Schmalstieg, *Handbook of Augmented Reality*. New York, NY: Springer New York, 2011, pp. 65–98.
- [16] T. Jackson, F. Angermann, and P. Meier, "Survey of use cases for mobile augmented reality browsers," in *Handbook of Augmented Reality*, Springer, 2011, pp. 409–431.
- [17] R. Grasset, A. Mulloni, M. Billinghurst, and D. Schmalstieg, "Navigation Techniques in Augmented and Mixed Reality: Crossing the Virtuality Continuum," in *Handbook of Augmented Reality*, Springer, 2011, pp. 379–407.
- [18] I. Sommerville, *INGENERÍA DEL SOFTWARE*. MADRID, 2005, p. 712.
- [19] F. Alonso, L. Martínez, and J. Segovia, *INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA DE SOFTWARE*. MADRID: Grefol, S.A, 2005.
- [20] G. Post and D. L. Anderson, *Management Information Systems*. McGraw-Hill Companies, Incorporated, 2005, p. 624.
- [21] M. Fernández-Ríos and J. C. Sánchez, *Eficacia organizacional: concepto, desarrollo y evaluación*. Ediciones Díaz de Santos, 1997, p. 340.
- [22] A. R. Angel, *Algebra Intermedia*. Pearson Educación, 2004, p. 824.
- [23] I. N. de E. y C. INEC, "Censo 2010," 2010.
- [24] S. Hernández, C. Collado, and P. Baptista, *Metodología de la Investigación*, 3rd ed. México, D. F.: McGraw-Hill, 2003, p. 689.
- [25] H. L. Solano and C. R. Álvarez, *Estadística descriptiva y distribuciones de probabilidad*. Universidad del Norte, 2005, p. 428.
- [26] I. Sommerville and M. I. A. Galipienso, *Ingeniería del software*. Pearson Educación, 2005, p. 687.

Universidad de Cuenca



- [27] C. F. Gallego, M. T. I. Isern, and A. M. P. Segura, *Elaboración y presentación de un proyecto de investigación y una tesina*. Edicions Universitat Barcelona, 2006, p. 154.
- [28] J. A. A. Valencia and J. J. O. Araújo, *Fundamentos de inferencia estadística*, vol. 0. Pontificia Universidad Javeriana.



## Anexo 1 Fichas de Observación

FICHA DE OBSERVACIÓN																					
VÁLVULA	INTENTO 1				INTENTO 2				INTENTO 3				INTENTO 4				TOTALES				
	Acierto	Error	TIV (m)	TAV (m)	Acierto	Error	TIV (m)	TAV (m)	Acierto	Error	TIV (m)	TAV (m)	Acierto	Error	TIV (m)	TAV (m)	Supuesto Positivo	Supuesto Negativo	TIV (s)	TAV(s)	
Proceso Manual id=1	1		X	30s	4:00		X	1:00	1:00		X	10s	1:00		X	10s	48s		X	15s	30s
	2		X	20s	5:00		X	10s	2:00		X	13s	1:00	X		5s	30s				
Proceso RA id=2	1	X		40s	4:30																
	2	X		30s	11:30																

Nombre del Técnico: Godhe Palomeque L. INGENIERO DE PLANIFICACIÓN

Ficha 1. Ejemplo de Ficha de observación  
Fuente: (Autor)



FICHA DE OBSERVACIÓN

VÁLVULA	INTENTO 1				INTENTO 2				INTENTO 3				INTENTO 4				TOTALES			
	Acierto	Error	TIV (m)	TAV (m)	Acierto	Error	TIV (m)	TAV (m)	Acierto	Error	TIV (m)	TAV (m)	Acierto	Error	TIV (m)	TAV (m)	Supuesto Positivo	Supuesto Negativo	TIV (s)	TAV(s)
1		X	0,10	1 m		X	0,45	1		X	0,80	1,10		X	0,10	0,30				
2	X		0,30	1,1 m																
1		X	0,10	0,40	X		0,10	1,10												
2		X	0,30	0,30	X		0,10	1												

Nombre del Técnico: In. Juan Carlos García

Ficha 1. Ejemplo de Ficha de observación  
Fuente: (Autor)



FICHA DE OBSERVACIÓN																				
VÁLVULA	INTENTO 1				INTENTO 2				INTENTO 3				INTENTO 4				TOTALES			
	Acierto	Error	TIV (m)	TAV (m)	Acierto	Error	TIV (m)	TAV (m)	Acierto	Error	TIV (m)	TAV (m)	Acierto	Error	TIV (m)	TAV (m)	Supuesto Positivo	Supuesto Negativo	TIV (s)	TAV(s)
1	1		10.5	312s																
2	1		10.5	312s																
1	1		10.5	312s																
2	1		10.5	312s																

Nombre del Técnico.....

Ficha 1. Ejemplo de Ficha de observación  
Fuente: (Autor)



FICHA DE OBSERVACIÓN																				
VÁLVULA	INTENTO 1				INTENTO 2				INTENTO 3				INTENTO 4				TOTALES			
	Acierto	Error	TIV (m)	TAV (m)	Acierto	Error	TIV (m)	TAV (m)	Acierto	Error	TIV (m)	TAV (m)	Acierto	Error	TIV (m)	TAV (m)	Supuesto Positivo	Supuesto Negativo	TIV (s)	TAV(s)
1	X		103	5:00																
2	X		455	14:00																
1	X		403	3:00																
2	X		203	4:00																

Prueba  
Manual  
id=2  
  
Prueba  
R.A.  
id=1

Nombre del Técnico..... NELSON ANASCO INGENIERO DE PLANIFICACIÓN (FISCALIZACIÓN)

Ficha 1. Ejemplo de Ficha de observación  
Fuente: (Autor)

Nombre del Técnico..... Ing. Rosa Carmel Domínguez Planifacio (C.E.) 





FICHA DE OBSERVACIÓN

Proceso  
Manual  
id 2  
Proceso  
R.A  
id=1

VÁLVULA	INTENTO 1				INTENTO 2				INTENTO 3				INTENTO 4				TOTALES			
	Acierto	Error	TIV (m)	TAV (m)	Acierto	Error	TIV (m)	TAV (m)	Acierto	Error	TIV (m)	TAV (m)	Acierto	Error	TIV (m)	TAV (m)	Supuesto Positivo	Supuesto Negativo	TIV (s)	TAV(s)
1		1	16 seg	1:00		1	40 seg	3:00	1		20 seg	4 m								
2		1	20 seg	2:00 m																
1	1		25 seg	2:00 s																
2		1	10 seg	3:00 s	1		10 seg	2:00 m												

Nombre del Técnico

Daniel Sequencia Ingeniero de Planificación

(Firma)

Ficha 1. Ejemplo de Ficha de observación

Fuente: (Autor)



Universidad de Cuenca



## Anexo 2 Registro Fotográfico





























Universidad de Cuenca



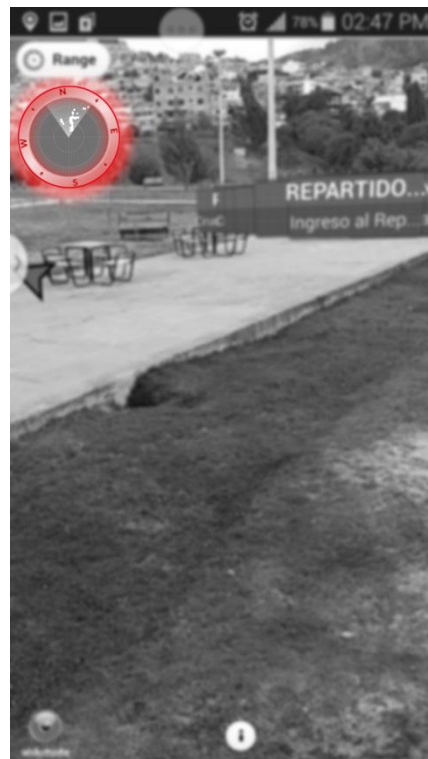




### Anexo 3 Interfaz de Usuario del prototipo de RA

#### El Radar.

El radar muestra al usuario todos los puntos de interés cargados, además orienta la dirección al que apunta desde la posición donde se encuentra, dándole sentido de orientación. En la figura 12 observamos su funcionamiento.



**Figura 12.** Radar del Sistema de Navegación con Realidad Aumentada  
(Fuente: Autor)

#### Marcadores.

El marcador muestra la ubicación geográfica del punto de interés, presentándose al usuario de tal manera que pueda visualizar, ubicar y orientar su sitio geográfico, además con el sistema escalable de distancia y el sistema base de distancia implementada en el prototipo, el usuario puede determinar la



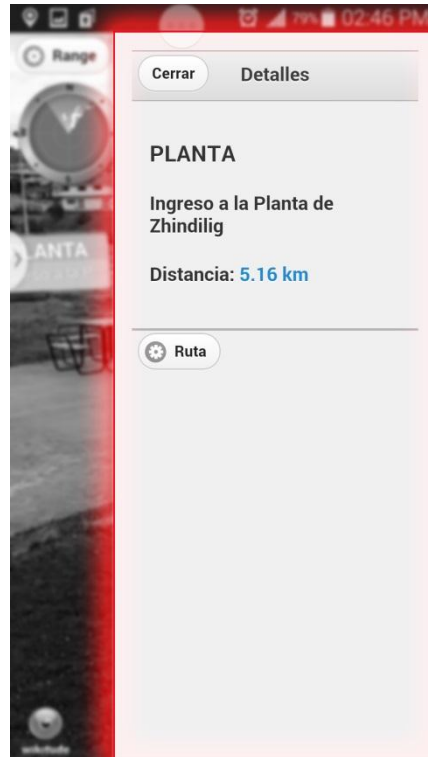
proximidad del punto de interés, aumentado a la realidad del entorno como se muestra en la figura 13.



**Figura 13.** Marcadores del Sistema de Navegación con Realidad Aumentada  
(Fuente: Autor)

### **Panel de Información.**

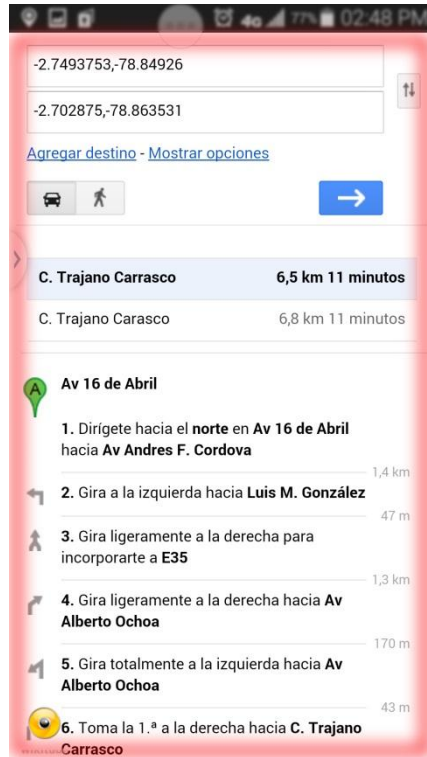
El panel de información muestra datos detallados del puntos de interés seleccionado en la interfaz de realidad aumentada, revelando la distancia en unidades métricas a partir de la ubicación actual, además la posibilidad de calcular la ruta de llega hacia el punto de interés.



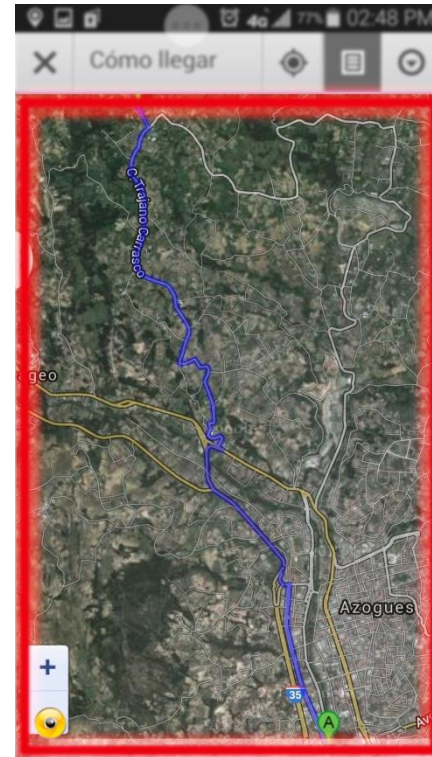
**Figura 14.** Panel de Información Sistema de Navegación con Realidad Aumentada  
(Fuente: Autor)

## Rutas.

La aplicación permite crear una ruta óptima partiendo de la posición actual del dispositivo móvil hacia el punto de interés seleccionado, implementando un servicio web google maps, permitiéndole al usuario visualizar la ruta generada de dos maneras, la primera de manera alfanumérica como se muestra en la figura 15, y de manera gráfica como se muestra en la figura 16.



**Figura 15.** Ruta Alfanumérica Navegación con Realidad Aumentada  
(Fuente: Autor)

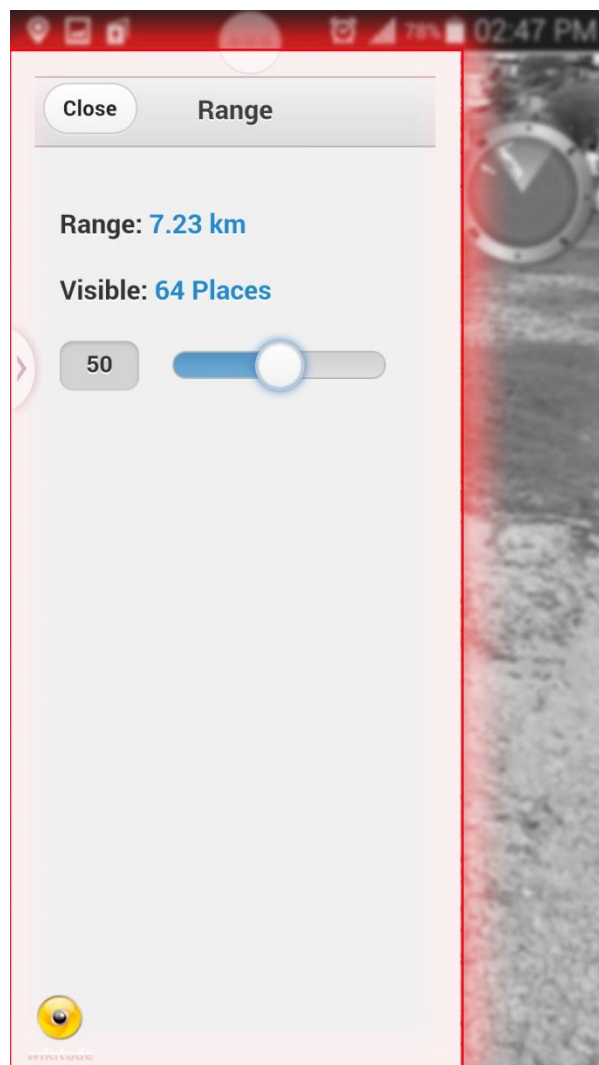


**Figura 16.** Ruta Gráfica Sistema de Navegación con Realidad Aumentada  
(Fuente: Autor)

## Rango

El rango delimita la cantidad de puntos de interés en la interfaz de realidad aumentada, manipulando el radió de distancia de intervención, únicamente generando los puntos de interés menores o iguales al radió seleccionado, como se muestra en la figura 17.





**Figura 17.** Rango Puntos de Interés del Sistema de Navegación con Realidad Aumentada  
(Fuente: Autor)

**Indicadores.**



Los indicadores son una guía de navegación, que orienta al usuario en donde se encuentra el punto de interés seleccionado, mediante el uso de flechas guías que se mueven dinámicamente según los movimientos del dispositivo, como se muestra en la figura 18.



**Figura 18.** Indicador de Navegación con Realidad Aumentada.  
(Fuente: Autor)





## Disponibilidad.

La aplicación muestra al usuario la disponibilidad de navegar con realidad aumentada cuando todos los requisitos del sistema estén disponibles, a través de un ícono de información que detalle e informe el estado actual, como se muestra en la figura 19.



**Figura 19.** Disponibilidad de Navegación con Realidad Aumentada  
(Fuente: Autor).



## Menú Principal.

El menú principal presenta todos los puntos de interés que pueden desplegarse en la interfaz de realidad aumentada, además de mostrar información relevante sobre cada uno de los elementos del menú, como se muestra en la figura 20.



**Figura 20.** Menú Principal Navegación con Realidad Aumentada  
(Fuente: Autor).